

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN - RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAGÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL - PPGCTA

Jean Carlos Candaten

**DISPONIBILIDADE E NÍVEL CRÍTICO AMBIENTAL DE COBRE,
ZINCO E FÓSFORO NO SOLO, ASSOCIADO AO USO CONTÍNUO DE
DEJETOS LÍQUIDOS SUÍNOS EM MICROBACIA**

Frederico Westphalen, RS
2023

Jean Carlos Candaten

**DISPONIBILIDADE E NÍVEL CRÍTICO AMBIENTAL DE COBRE, ZINCO E
FÓSFORO NO SOLO, ASSOCIADO AO USO CONTÍNUO DE DEJETOS LÍQUIDOS
SUÍNOS EM MICROBACIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen (UFSM/FW), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental**

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Orlando Da Ros

Frederico Westphalen, RS
2023

Jean Carlos Candaten

DISPONIBILIDADE E NÍVEL CRÍTICO AMBIENTAL DE COBRE, ZINCO E FÓSFORO NO SOLO, ASSOCIADO AO USO CONTÍNUO DE DEJETOS LÍQUIDOS SUÍNOS EM MICROBACIA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen (UFSM/FW), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental**

Aprovado em 22 de março de 2023:

Clóvis Orlando Da Ros, Dr. (UFSM)
(Presidente / Orientador)

Vanderlei Rodrigues da Silva, Dr. (UFSM)

Maurício de Oliveira, Dr. (UFPEL)

Frederico Westphalen, RS
2023

Candaten, Jean Carlos

DISPONIBILIDADE E NÍVEL CRÍTICO AMBIENTAL DE COBRE,
ZINCO E FÓSFORO NO SOLO, ASSOCIADO AO USO CONTÍNUO DE
DEJETOS LÍQUIDOS SUÍNOS EM MICROBACIA / Jean Carlos
Candaten.- 2023.

91 p.; 30 cm

Orientador: Clóvis Orlando Da Ros

Coorientador: Rodrigo Ferreira da Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2023

1. Dejetos Líquidos de Suínos 2. Limite Crítico
Ambiental de Fósforo 3. Cobre 4. Zinco 5. VRQ I. Da Ros,
Clóvis Orlando II. Silva, Rodrigo Ferreira da III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, JEAN CARLOS CANDATEN, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

À Deus que esteve junto de mim a cada momento. À minha esposa Laís e meu filho Pedro Henrique que não mediram esforços em me apoiar nos momentos que precisei, para concluir esta etapa de minha vida. Aos meus pais que batalharam para poder dar condições de chegar a este momento. E aos amigos que me incentivaram ao desafio de concluir uma pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

A finalização deste trabalho ocorreu pela ação conjunta de várias pessoas que aqui cito, com muito carinho e admiração:

- ao meu professor e orientador Clóvis Orlando Da Ros, por aceitar a orientação de meu projeto e me direcionar, desde o início do curso, à conclusão deste trabalho.

- à banca formada pelos professores Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva e Dr. Maurício Oliveira, que desprenderam de seu tempo e atenção para avaliar este estudo e contribuíram para a melhoria do mesmo;

- à minha esposa Laís da Rocha Giovenardi e meu filho Pedro Henrique Giovenardi Candaten, que por muitos dias me deram espaço para desenvolver esta dissertação, encorajando-me nas horas difíceis e me apoiando quando precisava.

- aos meus pais Ivan Carlos Candaten e Marilvane Regina Zancan Candaten que mesmo com suas dificuldades, não mediram esforços para poder ter um ensino superior, me passando confiança e solidariedade para a conclusão deste trabalho. Além de tudo isso, o auxílio de meu pai nas coletas de solo e minha mãe nas refeições feitas para os dias de coletas;

- aos professores que, juntos, transmitiram conhecimento de suas áreas para formar um conhecimento integrado do todo, especialmente sobre o objeto de estudo deste trabalho.

- aos técnicos Lucindo Somavilla e Marcela Torchelsen que me auxiliaram a campo e em laboratório na coleta e determinação das análises de solo;

- aos familiares Gerry Rieth e Andréa Giovenardi que auxiliaram na coleta de solo e discussão dos dados do estudo, fomentando uma visão diferente para melhoria do trabalho;

- ao meu amigo Fábio DallaValle que auxiliou na coleta de solo e colocou-se disponível quando precisei;

- ao aluno de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFSM/FW, Alex dos Santos, que me auxiliou do início ao fim das coletas de solo, que totalizaram 67 áreas;

- à Lidiane Bortoli e Robson Palermo, que também auxiliaram nas coletas de solo;

- aos colegas de trabalho da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Palmitinho (Elisandro, Édison, Leandro, Juliane, Evonir e Douglas), aos técnicos da Emater (Alex, Luan, Valéria) e ao pesquisador da Embrapa Evandro Barros, que me instigaram a investigar e avaliar os efeitos da atividade de suinocultura no município e a criar uma gestão responsável no que tange ao uso dos dejetos suínos como fertilizante orgânico.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, minha gratidão!

RESUMO

DISPONIBILIDADE E NÍVEL CRÍTICO AMBIENTAL DE COBRE, ZINCO E FÓSFORO NO SOLO, ASSOCIADO AO USO CONTÍNUO DE DEJETOS LÍQUIDOS SUÍNOS EM MICROBACIA

AUTOR: Jean Carlos Candaten
ORIENTADOR: Clóvis Orlando Da Ros

A utilização dos dejetos líquidos de suínos (DLS) como fertilizante orgânico em áreas agrícolas é uma forma de destinação deste passivo ambiental, sustentável e rentável. Em sua composição, o dejetos possui elementos como fósforo, nitrogênio, cobre, zinco, ferro e manganês e também matéria orgânica que são importantes por serem macro e micronutrientes essenciais para a nutrição das mais diversas culturas. Entretanto, fósforo, cobre e zinco quando aplicados em excesso no solo, podem agir como potenciais contaminantes podendo causar a eutrofização nos corpos hídricos e, ainda, causar toxidez às plantas. Sucessivas aplicações de DLS elevam seus teores disponíveis no solo, por vezes, saturando este ambiente. Diante disso, realizou-se o presente estudo em 67 talhões de 15 unidades suinícolas da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, no município de Palmitinho-RS, com o objetivo de avaliar os níveis de disponibilidade no solo de fósforo, cobre e zinco, a fim de verificar seu potencial agrônomo e contaminante. Para avaliar o potencial contaminante, utilizou-se como base o Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P) e os Valores de Referência de Qualidade (VRQ) para os teores pseudo-totais de cobre e zinco. Como metodologia, adotou-se a realização de pesquisa a campo, coleta e amostragem de solo, analisadas pelo Laboratório de Análise Química de Solo da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen. Para amostragem de fósforo disponível foi utilizado o método da USEPA (SW846-3050B). Os teores de cobre e zinco disponíveis foram extraídos por meio da solução Mehlich-1 e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009). Para os teores pseudo-totais de cobre e zinco foi usado o método da USEPA (SW846-3050B), descrito em Silva (2009). Para o nivelamento dos valores, foram utilizadas 55 áreas com uso de DLS (ADS), 5 de mata nativa (AMN) e 7 com uso exclusivo de adubação química (AAQ). Como resultados, a oferta de DLS para o somatório dos talhões de cada unidade suinícola se mostrou insuficiente para 93% dos empreendimentos. Referente ao potencial agrônomo das áreas, a maioria das ADS e AAQ possuíram alta a muito alta disponibilidade de fósforo, indicando grande potencial agrônomo. Para cobre e zinco, os teores altos de disponibilidade encontrados em ADS incrementaram de 8,3 e 5,3 vezes, respectivamente, os teores médios encontrados nas áreas de referência (AMN). Quanto aos limites ambientais dos elementos e VRQs, 14 talhões (20,8%) das áreas estudadas apresentaram níveis críticos no solo, estando acima do LCA-P (5), acima do VRQ+50% para cobre (10) e acima dos Valores de Prevenção (VP) para zinco (4). Além disso, os teores pseudo-totais de cobre e zinco da maioria das AMN se encontraram acima dos VRQs estabelecidos pela legislação. Por fim, evidenciou-se que o manejo com os DLS na área do estudo é otimizado, referente a seu potencial agrônomo, no entanto, há de se monitorar os talhões que apresentaram níveis críticos por se tratarem de potenciais contaminantes do solo e águas, ainda que os VRQs estejam abaixo dos teores naturais da bacia hidrográfica.

Palavras Chave: Suinocultura. Limite Crítico Ambiental de Fósforo. VRQ.

ABSTRACT

AVAILABILITY AND CRITICAL ENVIRONMENTAL LEVEL OF COPPER, ZINC AND PHOSPHORUS IN THE SOIL, ASSOCIATED WITH THE CONTINUOUS USE OF SWINE LIQUID WASTE IN MICROBASIN

AUTHOR: Jean Carlos Candaten
ADVISOR: Clóvis Orlando Da Ros

The use of swine liquid manure (SLD) as an organic fertilizer in agricultural areas is a sustainable and profitable way of disposing of this environmental liability. In its composition it has elements such as phosphorus, nitrogen, copper, zinc, iron and manganese and also organic matter that are attractive because they are essential macro and micronutrients for the fertilization of the most diverse cultures. Both phosphorus, copper and zinc, in addition to nutrients, when applied in excess to the soil, can act as potential contaminants, causing eutrophication in water bodies and even causing toxicity to plants. Also, when used by successive DLS applications, they increase their levels available in the soil, sometimes saturating this environment. In view of this, the present study was carried out in 67 plots of 15 swine farms in the Lajeado Caldeirão watershed, Palmitinho-RS, which aimed to evaluate the availability levels of phosphorus, copper and zinc in order to verify their agronomic potential, as well as verifying their contaminating potential, evaluating them based on the Environmental Critical Limit of Phosphorus (LCA-P) and the Quality Reference Values (QVR) for the pseudo-total copper and zinc contents. As a methodology, field research, collection and sampling of soil was adopted, analyzed by the Laboratory of Soil Chemical Analysis at the Federal University of Santa Maria, Frederico Westphalen campus. For sampling of available phosphorus, the USEPA method (SW846-3050B) was used. The available copper and zinc contents were extracted using the Mehlich-1 solution and quantified by atomic absorption spectrophotometry. For pseudo-total copper and zinc contents, the USEPA method (SW846-3050B) was used. For the leveling of the values, 55 areas with use of DLS (ADS), 5 of native forest (AMN) and 7 with exclusive use of chemical fertilization (AAQ) were used. As a result, the supply of DLS for the sum of the plots of each pig unit proved to be insufficient for 93% of the enterprises. Regarding the agronomic potential of the areas, most ADS and AAQ had high to very high availability of phosphorus, indicating great agronomic potential. For copper and zinc, the high levels of availability found in ADS increased loads up to 8.3 and 5.3 times, respectively, the average levels found in the reference areas (AMN). As for the environmental limits of the elements and VRQs, 14 plots (20.8%) of the studied areas presented critical levels in the soil, being above the LCA-P (5), above the VRQ+50% for copper (10) and above the Prevention Values (PV) for zinc (4). Furthermore, the pseudo-total copper and zinc contents of most AMNs were found to be above the VRQs established by law. Finally, it was evidenced that the management with DLS in the study area is optimized, referring to its agronomic potential, however, it is necessary to monitor the plots that presented critical levels because they are potential soil and water contaminants, still that the QRQs are below the natural grades of the watershed.

Keywords: Pig breedind. Phosphorus Environmental Critical Limit. VRQ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Infograma relativo à disponibilidade de carne suína no mundo relativo à exportação (A) e à produção (B).	17
Figura 2 – Mapa da evolução da suinocultura do município de Palmitinho	21
Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	24
Figura 4 - Mapa de identificação dos empreendimentos suínos do estudo	25
Figura 5 - Gráficos dos critérios de avaliação levantados pela pesquisa nas unidades suínas, sendo: tipos de cultivos (A), uso de adubo químico (B), manejo do solo (C) e tipos de distribuição de dejetos líquidos de suínos (D), relacionados ao número de talhões do estudo na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho-RS.....	31
Figura 6 - Gráfico representativo dos anos de aplicação de dejetos líquidos de suínos nos talhões das unidades suínas do estudo.	32
Figura 7 - Gráfico do percentual de talhões das Áreas com Uso de Dejetos Suínos (ADS) comparando os tipos de cultivos frente às formas de aplicação de dejetos.....	33
Figura 8 - Mapas representativos dos critérios de avaliação levantados pela pesquisa nas unidades suínas, sendo: tipos de cultivos (A), uso de adubo químico (B), manejo do solo (C) e tipos de distribuição de dejetos líquidos de suínos (D), relacionados ao número de talhões do estudo na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho-RS	34
Figura 9 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.....	40
Figura 10 - Mapa de localização das unidades suínas por sistema de produção de animais, da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil	42
Figura 11 - Identificação dos talhões com aplicação de dejetos de suínos como fertilizante (algarismo arábico corresponde a área e o algarismo romano o talhão), sem aplicação de dejetos (SD) e mata nativa (M) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	44
Figura 12 - Distribuição da disponibilidade de fósforo nas camadas de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) das áreas de mata nativa (AMN).	46
Figura 13 - Distribuição da disponibilidade de fósforo na camada de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas áreas de cultivo com adubação mineral (AAQ)	46

Figura 14 - Distribuição da disponibilidade de fósforo na camada de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) em áreas de adubação com dejetos de suínos (ADS)	47
Figura 15 - Níveis de fósforo no solo nas áreas da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão .	48
Figura 16 - Média dos teores de fósforo disponível (unidade) no solo nas áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) na forma localizada e em área total na camada de solo de 0-10 cm (A).	49
Figura 17 - Média dos teores de fósforo (unidade) disponível no solo nas diferentes áreas e tipos de cultivo, nas camadas de 0-10 (A) e 10-20 cm (B)	49
Figura 18 - Mapa de distribuição dos talhões do estudo conforme percentual de atingimento do Limite Crítico Ambiental de Fósforo na camada de 0 a 10 cm.	50
Figura 19 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	59
Figura 20 - Localização das 15 áreas de uso de dejetos líquidos de suínos na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	60
Figura 21 - Identificação dos talhões com aplicação de dejetos de suínos como fertilizante (algarismo arábico corresponde a área e o algarismo romano o talhão), sem aplicação de dejetos (SD) e mata nativa (M) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	62
Figura 22 - Níveis de disponibilidade de cobre (A) e zinco (B) na camada de 0-10 cm do solo em ADS da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS. As linhas horizontais indicam os teores médios das áreas de mata nativa, das áreas de cultivo com adubação mineral e o nível alto delimitado pela CQFS.....	65
Figura 23 – Teores médios de cobre (A) e zinco (B) disponível nas áreas com uso de dejetos líquidos de suínos (ADS) em relação aos tipos de cultivos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.	66
Figura 24 - Níveis de disponibilidade de cobre (A) e zinco (B) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo em áreas com uso de dejetos de suínos (ADS) da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS. A linha horizontal indica o nível alto delimitado pela CQFS.	67
Figura 25 - Variação dos teores pseudo-totais de cobre (A) e zinco (B) no solo na camada de 0-20 cm nas áreas de adubação com dejetos de suínos na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão de Palmitinho, RS. As linhas horizontais indicam as médias da área com adubação mineral e mata nativa e os valores de orientação de qualidade do solo (VRQ e VP)	68

Figura 26 - Localização das glebas com uso de dejetos de suínos (ADS) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS, com teores pseudo-totais de cobre na camada de 0 – 20 cm comparados aos valores orientadores de qualidade do solo (VRQ: valor de referência de qualidade e VRQ+50%).	70
Figura 27 - Localização das glebas com uso de dejetos de suínos (ADS) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS, com teores pseudo-totais de zinco na camada de 0 – 20 cm comparados aos valores orientadores de qualidade do solo (valor de referência de qualidade (VRQ) e valor de prevenção (VP)).	71
Figura 28 - Mapa das glebas com muito alta disponibilidade de fósforo e alta disponibilidade para cobre e zinco da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão- Palmitinho-RS.	75
Figura 29 - Mapas dos teores disponíveis de zinco (A), cobre (B) e fósforo (C) que apresentaram concentrações acima da média da mata nativa (AMN)	76
Figura 30 - Mapas dos talhões com teores mais críticos do estudo referente a zinco (A) e cobre (C) comparados ao atendimento dos VRQs e talhões que apresentaram teores de fósforo acima de seu Limite Crítico Ambiental (B).	77
Figura 31 - Análise multivariada para os principais componentes dos critérios avaliados das áreas com maior potencial contaminante.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produção média diária de esterco, esterco + urina e dejetos líquidos por animal por fase.....	19
Tabela 2- Valores médios de nutrientes ne dejetos líquidos de suínos	23
Tabela 3– Quadro de referências de produção de matéria seca dos principais cultivos utilizados para produção de animais na região Oeste de Santa Catarina.	26
Tabela 4– Recomendação de adubação fosfatada para as culturas informadas do estudo	27
Tabela 5- Oferta de fósforo calculada a partir da excreção do equivalente P_2O_5 por unidade animal alojada nos diferentes sistemas de produção.	27
Tabela 6- Teores médios de Cu e Zn de dejetos líquido de suíno	28
Tabela 7- Rebanho de suínos alojados nas unidades de produção de leitões (UPL), nas unidades de terminação (UT) e nas unidades de creche (UC) e a respectiva geração de dejetos líquidos anual e de excreção de nutrientes	28
Tabela 8- Relação entre geração e demanda de fósforo para os talhões de cada unidade suinícola estudada da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão do Município de Palmitinho, RS	29
Tabela 9Caracterização geral dos talhões com aplicação de dejetos de suínos da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	43
Tabela 10 Caracterização geral dos glebas com aplicação de dejetos de suínos na da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.	
61	
Tabela 11Teores médios pseudo-totais de zinco e cobre no solo e os percentuais de glebas com uso de dejetos de suínos com valores de acima da média da mata nativa, da adubação mineral e dos valores orientadores de qualidade do solo.	69

LISTA DE SIGLAS

AAQ	Áreas com Adubação Química
ADS	Áreas com uso de Dejetos Suínos
AMN	Áreas de Mata Nativa
Cu	Cobre
DLS	Dejetos Líquidos de Suínos
IMA	Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina
LCA-P	Limite Crítico Ambiental de Fósforo
P	Fósforo
SISMAM	Sistema Municipal de Meio Ambiente do município de Palmitinho
VI	Valores de Investigação
VP	Valores de Prevenção
VRQ	Valores de Referência de Qualidade
VRQ+50%	Cinquenta por cento acima do Valor de Referência de Qualidade
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3	CAPÍTULO I: GERAÇÃO E CRITÉRIOS DE USO DE DEJETOS DE SUÍNOS COMO FERTILIZANTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO, MUNICÍPIO DE PALMITINHO, RS.	22
3.1	RESUMO.....	22
3.2	INTRODUÇÃO	22
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.4.1	Geração e demanda de dejetos líquidos de suínos	28
3.4.2	Critérios de avaliação das glebas do estudo	30
3.5	CONCLUSÃO	34
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
4	CAPÍTULO II: DISPONIBILIDADE E LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO NO SOLO COM USO CONTÍNUO DE DEJETOS SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO	38
4.1	RESUMO.....	38
4.2	INTRODUÇÃO	38
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.4.1	Potencial agrônômico do fósforo	45
4.4.2	Potencial contaminante do fósforo	50
4.5	CONCLUSÃO	52
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
5	CAPÍTULO III: NÍVEIS DE DISPONIBILIDADE E DE CONTAMINAÇÃO DE COBRE E ZINCO NO SOLO COM USO CONTÍNUO DE DEJETOS SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO	56
5.1	RESUMO.....	56
5.2	INTRODUÇÃO	56
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	58
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
5.4.1	Disponibilidade de cobre e zinco no solo	63

5.4.2	Valores orientadores de qualidade do solo para cobre e zinco.....	67
5.5	CONCLUSÃO	72
5.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
6	DISCUSSÃO GERAL	75
6.1	POTENCIAL AGRONÔMICO DAS ÁREAS	75
6.2	POTENCIAL CONTAMINANTE DAS ÁREAS.....	76
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO REFERENTE ÀS AREAS DO ESTUDO	88
	APÊNDICE B – INFORMAÇÕES SOBRE OS EMPREENDIMENTOS SUINÍCOLAS	91

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) em solos agrícolas pode ser uma eficiente forma de ciclagem de nutrientes e alternativa para seu descarte, minimizando seu potencial poluente. Contudo, as diferenças entre a composição dos dejetos e a necessidade das plantas, especialmente de metais pesados, dificulta delimitar doses sem ultrapassar os níveis críticos ambientais (MATHIAS, 2006).

Estudos como o de Gardini et al. (2012) e Klein e Agne (2012) concluem que o uso excessivo de fósforo no solo pode causar a diminuição de sua capacidade máxima de adsorção, indicando saturação de parte dos sítios de adsorção de partículas reativas e aumento de fósforo dessorvido em água, o qual pode vir a causar eutrofização dos ambientes aquáticos. Já para a saúde humana, conforme Carvalho (2008), o excesso deste elemento, além da hiperfosfatemia, pode causar desordens a níveis hormonais, ósseos, cardíacos e intestinais.

Quanto ao cobre e zinco, estes são micronutrientes essenciais às plantas e aos animais, porém, seu excesso pode causar a toxidez e prejudicar o desenvolvimento das plantas (AMBROSINI, 2016). O zinco apresenta menor índice de toxicidade se comparado com metais como o chumbo, porém em excesso no organismo pode causar náuseas, vômitos diarreias, cólicas e sabor metálico na boca, caso o indivíduo apresente uma intoxicação crônica (KLAASEN, 1985). O cobre pode causar febre, náuseas e diarreia. Devido aos danos à saúde humana é imprescindível a realização de estudos sobre suas concentrações no meio ambiente.

Segundo Berwanger (2006), poucos são os trabalhos que apresentaram resultados do efeito cumulativo do uso prolongado de dejetos sobre características do solo, acúmulo de nutrientes no solo ou perda desses por escoamento superficial ou por lixiviação. Contudo, os artigos apresentados por Scherer et al. (2010) e Penha et al. (2015) relatam modificações de atributos do solo com aplicações de dejetos de suínos por 20 anos e 9 anos, respectivamente.

Conforme Brunetto et al. (2014), ao analisar o teor de zinco e cobre em solos de vinhedos, verificou-se que ambos se acumulavam no solo, sendo mais intensamente nos de vinhedos de maior idade, estando o cobre ligado a matéria orgânica do solo e o zinco presente na fração ligada aos minerais. Estes elementos possuem baixa mobilidade geoquímica e por estarem disponíveis para as plantas podem causar toxicidade para as mesmas, porém, com aplicação continuada também poderão se apresentar na solução do solo e na fração trocável, potencializando o risco de contaminação de corpos hídricos (CQFS-RS/SC, 2016).

A adição de micronutrientes às rações suínas, em doses excessivas para garantir a sua absorção pelos animais, pode levar ao acúmulo dos mesmos no solo, ainda que esses sejam

encontrados naturalmente no solo. O zinco parece ser um dos elementos com grande probabilidade de causar problemas devido a sua grande utilização em rações para leitões, além de cobre, manganês e ferro (SCHERER, 1996).

Adubações contínuas com dejetos de suínos poderão ocasionar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo (SMANHOTTO, 2008), cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, da textura de solo e do tempo de utilização. Segundo Matsuoka et al. (2019), o monitoramento das características físicas, químicas e microbiológicas dos solos que recebem aplicações de dejetos líquidos de suínos é essencial para evitar a degradação e contaminação do solo e da água.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de maiores estudos em áreas que utilizam dejetos líquidos de suínos a fim de identificar a real situação destas e o impacto que estes trazem à agricultura e ao meio ambiente.

Dessa forma adotou-se como objetivo geral, avaliar os níveis dos elementos fósforo, cobre e zinco no solo, introduzidos por dejetos líquidos de suínos em áreas agricultáveis na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão do município de Palmitinho-RS e compará-los a áreas agricultáveis que recebem somente adubação mineral e à áreas de mata nativa (teores naturais), a fim de identificar seus comportamentos no solo e seus potenciais agronômicos e ambientais.

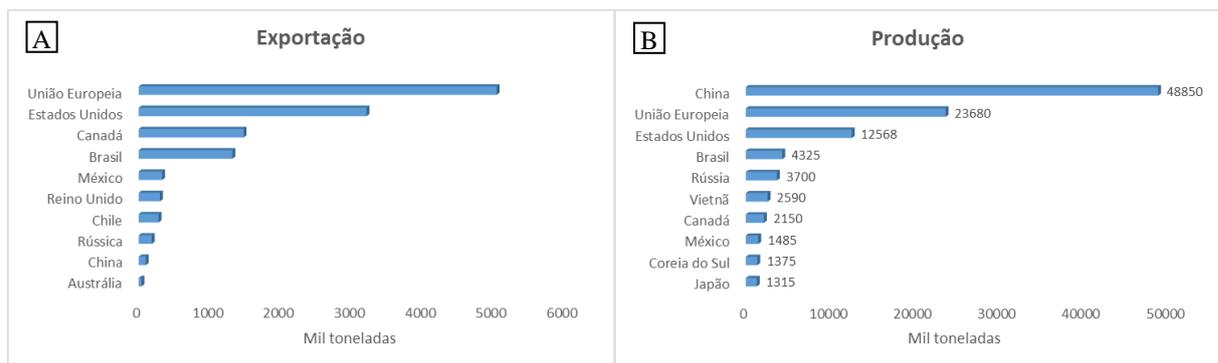
Ainda, como objetivos específicos definiu-se: a) caracterizar os talhões das propriedades suinícolas da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão com base nos critérios informados sobre a utilização de dejetos líquidos de suínos como fertilizante orgânico; b) identificar áreas com potencial de contaminação relativo ao Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P), bem como as com potencial agronômico por meio de seus teores de disponibilidade; c) enquadrar áreas com base nos padrões da legislação para cobre e zinco, bem como avaliar seus teores de disponibilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A suinocultura está difundida em todo planeta e é uma das atividades agropecuárias de maior importância econômica e social. A suinocultura é a área voltada para a produção de suínos. Conforme Guimarães et al. (2017), a carne suína é a segunda proteína animal mais consumida no mundo todo, perdendo somente para os pescados e, estando a frente do consumo de carne de frango e bovinos. Apesar de alguns povos não realizarem o consumo da carne por questões religiosas, a sua produção continua a aumentar, sendo verificado que, entre os anos de 2005 a 2015, a produção mundial de carne suína cresceu 1,6% ao ano.

No Brasil, a suinocultura é desenvolvida em todos os Estados. Atualmente, o país ocupa o quarto lugar no ranking de produção e exportação mundial de carne suína (EMBRAPA, 2019). Dados referentes à produção e exportação no mundo podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1 - Infograma relativo à disponibilidade de carne suína no mundo relativo à exportação (A) e produção (B).



Fonte: Adaptado de Embrapa (2022).

Por meio da Figura 1, observa-se os dados relativos ao ano de 2022 sobre a carne suína, levando em consideração a exportação e a produção. No que se refere à exportação, o topo do ranking mundial é ocupado pela União Europeia, seguida dos Estados Unidos e Canadá. O Brasil ocupa o quarto lugar como maior exportador. Já em relação à produção, a China é destaque, seguida da União Europeia e dos Estados Unidos. O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de produção de carne suína.

A suinocultura no estado do Rio Grande do Sul representa a 3ª maior produção de suínos do Brasil (19,08% da produção nacional), superado apenas pelo Estado do Paraná (21,10%) e Santa Catarina (30,73%) (ABPA, 2021).

Esta atividade tem-se mostrado uma alternativa de renda viável nas pequenas propriedades e com uso de mão de obra familiar. O sistema de produção intensivo, que gera

grandes volumes de dejetos líquidos, permite utilizar este resíduo na propriedade como fonte de nutrientes para culturas anuais ou pastagens. Em todo caso, em razão da pequena extensão de terras das propriedades suinícolas, a aplicação sucessiva de dejetos normalmente é realizada na mesma área de cultivo, em muitos casos sobre solos rasos e declivosos. Com isso, a quantidade de nutrientes adicionada nestas áreas pode ultrapassar a capacidade de adsorção do solo e resultar no transporte destes para águas superficiais e subterrâneas, com alto risco de eutrofização (CERETTA et al., 2010).

Acrescenta-se que os resultados positivos da suinocultura brasileira e mundial se deve, em sua grande maioria, pelos avanços inseridos no âmbito da gestação, melhoramento genético, fase de crescimento e terminação. Silva et al. (2016, p. 1780), ao tratar da temática, enfatiza que “fatores relacionados a manejo, nutrição, sanidade, genética e ambiência podem afetar o desempenho dos suínos do crescimento até o abate”, o que ensejou a adoção de novas técnicas nos modelos produtivos de suínos, com vista a atender a expectativa dos produtores, indústrias e consumidores.

O que se observa nos últimos anos é um aumento considerável nos custos de fertilizantes minerais, demandando a utilização de formas alternativas para reduzir o custo de produção e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade. Neste sentido, o uso dos DLS vem se destacando cada vez mais, especialmente pelo seu elevado potencial na liberação de nutrientes, como nitrogênio, potássio, zinco e fósforo, com destaque na adubação de culturas de gramíneas (LOCATELLI et al., 2019). No entanto, é preciso destacar que, via de regra, quanto maior for a quantidade de água nos dejetos, menor será a concentração dos nutrientes, por isso, é importante que seja monitorada a quantidade de água, não ultrapassando 15 kg/m³, permitindo a obtenção de um biofertilizante de alta qualidade (PANIAGUA e SANTOS, 2021).

O uso de adubos orgânicos, também chamados de biofertilizantes, como o caso do DLS, contribui significativamente para a promoção de melhorias no solo, especialmente nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Dessa forma, dentre os principais benefícios do DLS destacam-se: pH alcalino que auxilia na correção da acidez do solo, nutrientes aptos a serem absorvidos pelas plantas, auxílio na redução da erosão mediante a promoção de maior agregação das partículas no solo, estruturação mais porosa, redução do poder germinativo de sementes de plantas daninhas, além de melhorar toda a estrutura do solo, o que permite que seja realizado um manejo mais fácil, além do adequado enraizamento das culturas (EMBRAPA, 2016).

Na Tabela 1 apresentam-se dados relativos à produção média diária de esterco, esterco associado à urina e o total de dejetos líquidos gerados por animal conforme cada uma das suas

fases, destacando-se, de antemão, que pode haver variações nas concentrações a depender de aspectos como excesso de água desperdiçada na limpeza ou até mesmo aspectos quantitativos e qualitativos das rações empregadas. Pode ser observado que as fases de lactação e gestação são as que mais geram DLS que poderia ser aproveitado como adubo orgânico.

Tabela 1 - Produção média diária de esterco, esterco + urina e dejetos líquidos por animal por fase.

Categorias de Suínos	Esterco (kg)	Esterco + Urina (kg)	Dejetos líquidos (L)
25-100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em Gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas em Lactação	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitão Desmamado	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

No que se refere a utilização dos DLS como adubo orgânico, observa-se o aumento da produtividade das culturas adubadas em função do fornecimento de macro e micronutrientes às plantas. Há, também, a ação benéfica em relação às propriedades físicas e químicas do solo, além da capacidade que os DLS possuem de intensificar as atividades enzimáticas e microbianas (SILVA et al., 2015).

Como principais culturas que os DLS podem ser empregadas, destacam-se o milho, soja, aveia e cana-de-açúcar, bem como também podem ser utilizados na fruticultura, pastagens e reflorestamento, com ênfase em cultuas comestíveis que passam por processos industriais para serem consumidas (OLIVEIRA et al., 2017; MENEZES et al., 2018). Todavia, não se indica a sua utilização em hortaliças e legumes, visto que estão em contato direto com o solo e não são submetidas a tratamentos industriais para posterior consumo (CARBONARI e MORANDI FILHO, 2020; PANIAGUA e SANTOS, 2021).

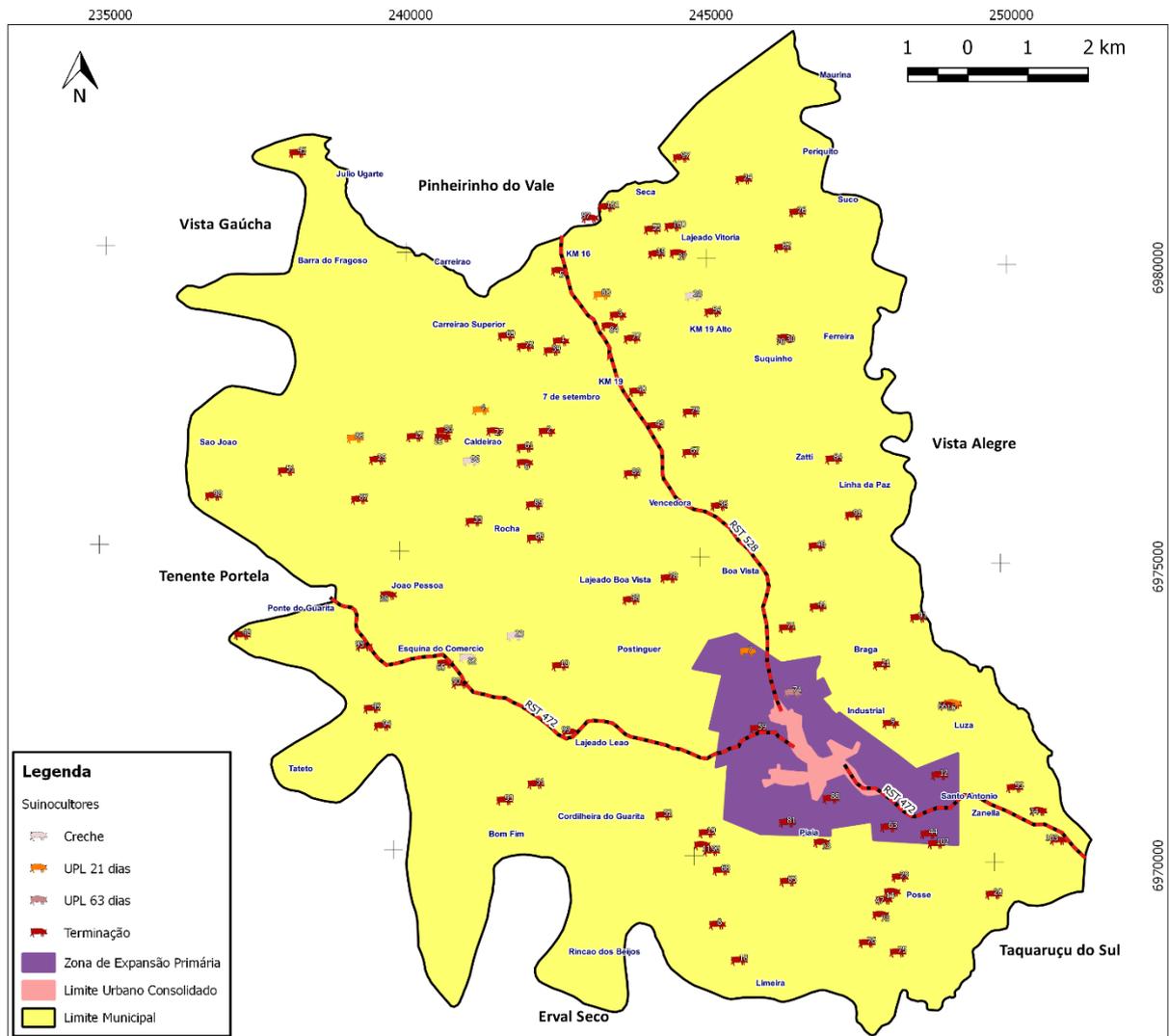
Apesar dos DLS serem alternativas eficientes de adubação, a dosagem deve ser executada com cuidado e técnica, pois doses elevadas podem trazer riscos de contaminação aos recursos hídricos próximos à área produtiva. Justamente por isso que as bacias hidrográficas se destacam como pontos de referência no planejamento de ações que tenham como objeto a intervenção na suinocultura e a geração e o despejo de dejetos (SCHMIDT FILHO et al., 2019).

No município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, a suinocultura se destaca, já tendo obtido o título de maior produtor de suínos do Rio Grande do Sul (ACSURS, 2016). No mapa

(Figura 2), pode-se observar o mapeamento das unidades suinícolas do município, demonstrando a densidade da atividade local.

A Gestão Municipal Sustentável dos Dejetos da Suinocultura é um programa gerenciado pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente que faz uso do critério para emissão de licenças ambientais, da disponibilidade de área para uso dos DLS como fertilizantes orgânicos. Seu uso é baseado nos teores de fósforo presentes nos dejetos das unidades suinícolas, nas culturas utilizadas nas áreas agrícolas e nos teores deste elemento no solo. Neste processo, calcula-se o Limite Crítico Ambiental de Fósforo, avalia-se a sobreposição de áreas para uso do fertilizante e aprova-se os talhões que satisfazem os critérios para uso dos dejetos (MMA, 2019).

Figura 2 – Mapa da evolução da suinocultura do município de Palmitinho



Fonte: Palmitinho (2018).

3 CAPÍTULO I: GERAÇÃO E CRITÉRIOS DE USO DE DEJETOS DE SUÍNOS COMO FERTILIZANTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO, MUNICÍPIO DE PALMITINHO, RS.

3.1 RESUMO

A utilização dos dejetos líquidos suínos vem se tornando cada vez mais comum, possuindo diferentes elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, manganês, ferro, zinco, cobre, que podem ser atrativos para a adubação de pastagens e áreas de produção de grãos. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo analisar a geração e os critérios de uso de dejetos de suínos como fertilizante na Bacia Hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Município de Palmitinho, RS. Como metodologia, adotou-se a realização de pesquisa de campo e revisão de literatura, analisando 15 empreendimentos suinícolas que utilizam os DLS para fertirrigação dentro da bacia hidrográfica. Os resultados demonstraram, em sua maioria, insuficiência de áreas agricultáveis por unidade suinícola para disposição de dejetos. Também, observou-se o cultivo de pastagens, distribuição dos dejetos por área total, manejo do solo sem revolvimento e o uso de fertilizantes minerais como principais manejos das áreas. Como conclusão, evidenciou-se que o manejo com os dejetos líquidos de suínos na área do estudo é otimizado referente a seu potencial agrônômico todavia, há de se monitorar as áreas com seu uso, pois há uma grande geração de P pela atividade suinícola que se não bem distribuída, poderá acarretar na contaminação do solo e águas da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Dejetos líquidos de suínos. Fósforo. Manejo do solo.

3.2 INTRODUÇÃO

O dejetos líquido de suíno contém matéria orgânica e elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, manganês, ferro, zinco, cobre, dentre outros elementos que são incluídos nas dietas dos animais (SERPA FILHO et al., 2013). Os dejetos são constituídos por fezes, urina, água que provem das etapas de higienização e deterioração da estrutura física de alojamento, dessedentação animal, de resíduos de ração, pelos e poeira (PEREIRA, 2006).

Quantitativamente, o suíno aproveita de 40 a 60% da ração fornecida, sendo que o restante é excretado pelo animal (KONZEN, 2000). A absorção de nutrientes fornecidos aos suínos, por meio das rações, é relativamente baixa, sendo a maior parte excretada pelas fezes e

urina. Em torno de 45 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do fósforo e cálcio e, aproximadamente 70 a 95% do cobre, zinco, potássio, sódio, magnésio, manganês e ferro consumidos são excretados pelos suínos (KORNEGAY et al., 1997).

Assim, a composição do dejetos de suíno é muito variável (Tabela 2), principalmente quando se refere às águas residuárias produzidas, uma vez que essa, também, está condicionada à forma de manejo dos dejetos e à quantidade de água incorporada a eles (PEREIRA, 2006). Portanto, as fezes e urina dos suínos contém alta concentração de nutrientes, tornando-se acessíveis para utilização dentro do sistema produtivo da propriedade como fertilizante de origem orgânica (KONZEN, 2006).

Tabela 2- Valores médios de nutrientes ne dejetos líquidos de suínos

Aduto orgânico	C org	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Mat. Seca	Cu	Zn
	% (m/m)							mg/kg	
Dejeto líquido de suíno	9	2,8	2,4	1,5	2	0,8	3	16	43

Fonte: Adaptado de CQFS (2016).

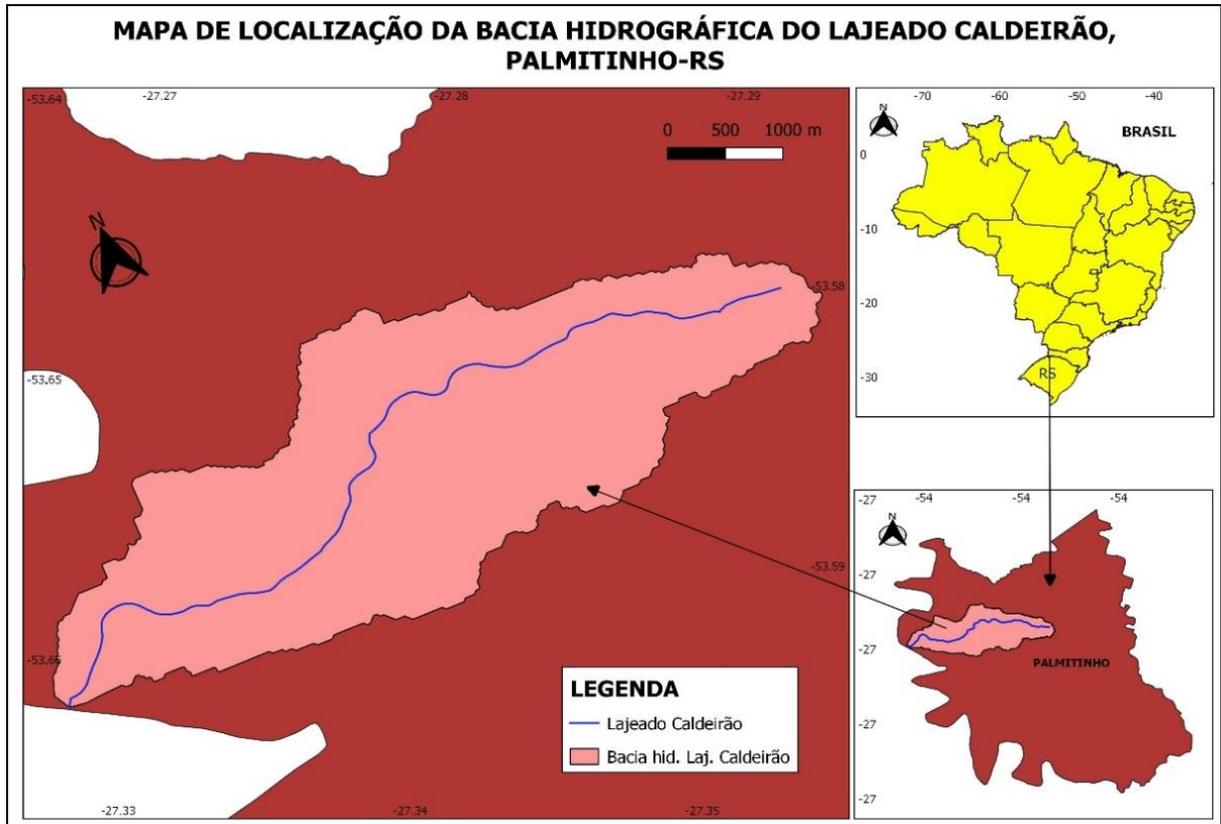
Estudos de Oliveira e Mattiazo (2001) relatam que os suínos excretam, na urina e nas fezes, de 40 a 60 % do nitrogênio consumido. Ainda, conforme Gatiboni et al. (2014), o maior problema do aumento de P no solo é sua perda por escoamento superficial, levando o P para os mananciais de água, o que pode causar eutrofização. Por isso, conforme pesquisa desenvolvida por Matsuoka et al. (2019), em aplicação de DLS, é essencial que haja o monitoramento das características físicas, químicas e microbiológicas dos solos, para evitar degradação e a contaminação, tanto do solo, quando da água.

A partir disso, o objetivo do presente capítulo é analisar a geração e os critérios de uso de dejetos de suínos como fertilizante na Bacia Hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Município de Palmitinho, RS.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão (1.352,8 ha), situada no município de Palmitinho, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 3), no período de março à agosto de 2020.

Figura 3 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.

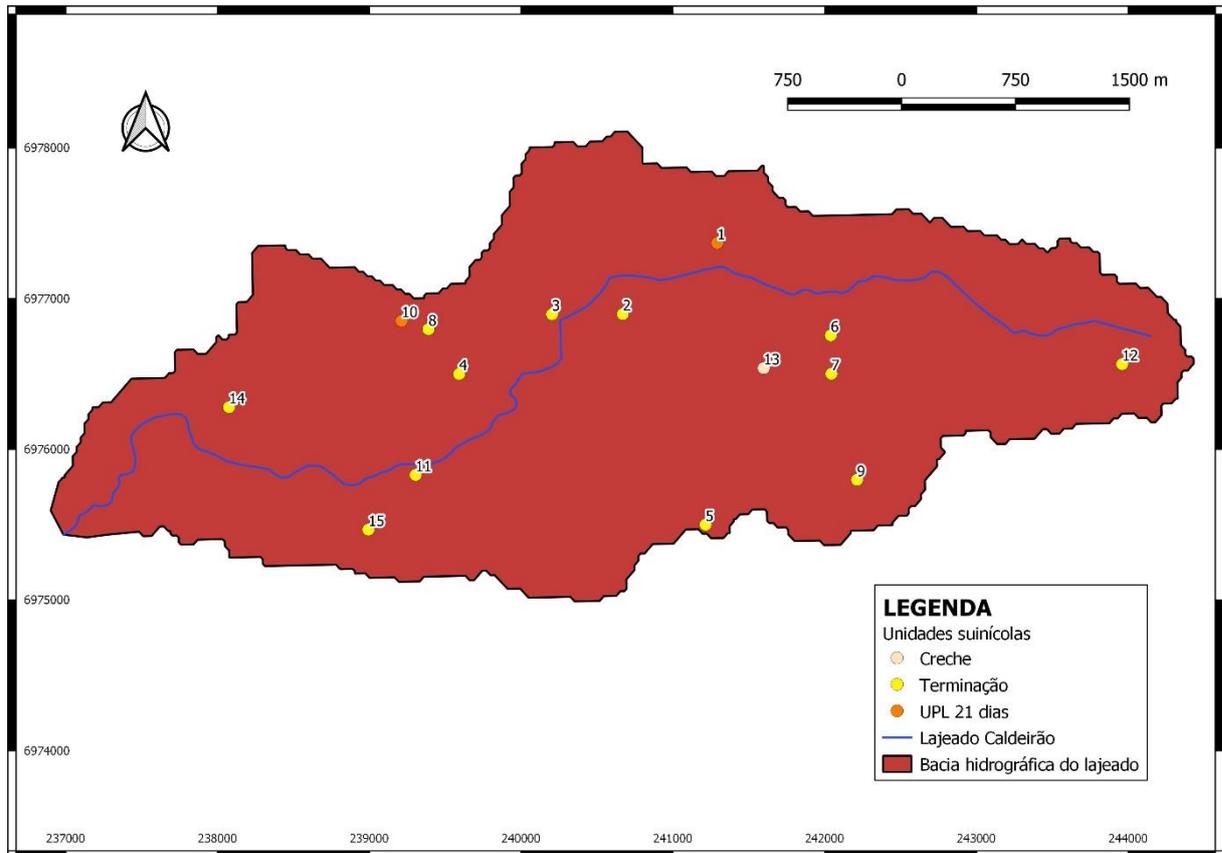


Fonte: Autor (2023).

A ocupação agrícola é desenvolvida em toda bacia, com menor densidade em áreas mais declivosas. As lavouras encontram-se principalmente nos vales, mas é possível encontrá-las também em áreas mais íngremes. Da vegetação, outrora de mata nativa composta pela formação floresta estacional decidual, restam fragmentos preservados em áreas onde não foi possível a prática agrícola em função do relevo acidentado.

A bacia estudada possui um total de 17 empreendimentos suíncolas (PALMITINHO, 2019), porém o estudo foi realizado em 15 empreendimentos que utilizam os DLS para fertirrigação dentro da bacia hidrográfica (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de identificação dos empreendimentos suinícolas do estudo



Fonte: Autor (2023).

Em cada unidade de produção de suínos foi realizado um detalhamento por meio de um questionário, delimitando glebas em função da localização, manejo do solo, forma de aplicação de DLS, anos de aplicação e tipos de cultivo (Apêndice A e Apêndice B).

A confecção dos mapas ocorreu com auxílio do software QGIS, versão 3.8 (FAN, [s.d.]). A delimitação da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão foi elaborada com o arquivo *raster* do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Rio Grande do Sul (WEBER et al., 2004) e o arquivo vetorial da malha municipal do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019).

Recortado o MDE pelo vetor do município de Palmitinho, extraiu-se a área da bacia hidrográfica por meio da ferramenta *SAGA Fill skins* (Wang & Liu). Após, este procedimento, converteu-se o *raster* em vetor para melhor utilização da feição. O curso hídrico principal (Lajeado Caldeirão) delimitado com base nas cartas do exército do município (HASENACK e WEBER, 2010) e da imagem de satélite do *Google Satellite*, aproximando-se com maior precisão do real posicionamento do lajeado. Os talhões selecionados foram delimitados com o auxílio de imagens de satélite do *Google Satellite*, complemento carregado dentro do software

QGIS versão 3.4.12, gerando polígonos georreferenciados no *datum* SIRGAS 2000, zona 22S, em coordenadas planas.

Com base nessas informações as áreas foram subdivididas em até cinco glebas, localizadas na própria unidade de produção de suínos ou em áreas cedidas por terceiros. No total, foram selecionadas 55 glebas com aplicação de DLS proveniente de 15 unidades de produção de suínos, totalizando uma área de 94,1 ha, denominadas Áreas com Dejetos Suínos (ADS).

Os dados de geração de P_2O_5 , foram obtidos com base no tipo de sistema de produção de suínos que possuem as concentrações conforme Tabela 2. Para estimativa da demanda de P_2O_5 para as culturas, foram utilizados os valores médios de produtividade em ton/ha/ano de matéria seca, conforme SCHRER (2002) (Tabela 3). Os dados para determinação das demandas de P_2O_5 foram obtidos com base no somatório das áreas dos talhões de cada unidade suinícola multiplicado pela demanda de P_2O_5 com teor alto de disponibilidade, conforme cálculo demonstrativo da Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 3– Quadro de referências de produção de matéria seca dos principais cultivos utilizados para produção de animais na região Oeste de Santa Catarina.

Material	Matéria verde (t/ha/ano)			Matéria seca (t/ha/ano) ²			Teor (%) MS ¹
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	
Milho (silagem)	41,0	57,9	49,5	16	22,6	19,3	39
Tifton (85 e Jiggs)	57,1	95,2	76,2	12	20	16	21

Fonte: Adaptado de SCHRER (2002).

¹ Teor de matéria seca médio do ciclo de produção da cultura, sendo inferior no início e superior no final do ciclo.

² A produção de matéria seca foi calculada com base em dados da literatura e de boletins técnicos da EPAGRI, sendo expostas as produtividades mínimas, máximas e médias de diversos cultivares e em diversas condições de adubação, tipo de solo e regime hídrico. Eventualmente alguns dados podem apresentar variações ainda maiores do que as expostas no quadro acima, sendo os valores apresentados para serem utilizados como referência teórica.

Tabela 4 – Recomendação de adubação fosfatada para as culturas informadas do estudo

Tipo de vegetação	Culturas	Produtividade (ton/ha/ano Mat. Seca)	Kg de P ₂ O ₅ / ha teor alto de disponibilidade*	Quantidade de cultivos no ano	Total de kg de P ₂ O ₅ / ha
Pastagem	Tifton	16	80	1	120 kg
Grão	Milho silagem	19,3	110	2	366 kg
	Tifton	16	80	1	120 kg
Pastagem e grão	Milho silagem	19,3	110	2	366 kg
	Total				486 kg

Fonte: SCHERER (2002).

* Para expectativa de rendimento de matéria seca maior que 12 ton/ano acrescentar a estes valores 10 kg de P₂O₅/ha. (CFQS, 2014).

Tabela 5 - Oferta de fósforo calculada a partir da excreção do equivalente P₂O₅ por unidade animal alojada nos diferentes sistemas de produção.

Sistema de produção	Unidade animal	Excreção anual de P ₂ O ₅ (kg/ano) por animal alojado
Unidade de Terminação ¹	Suíno alojado	4,30
UPL 6 kg ²	Fêmea alojada	11
Creche ³	Leitão alojado	0,25

Fonte: Adaptado de FATMA (2014).

¹ Considerando 3,26 lotes por ano (lotes de 105 dias e 7 dias de intervalo entre lotes). Fonte: Tavares (2012).

² Considerando 2,35 partos por fêmea alojada por ano e a produção de 28 leitões por fêmea alojada por ano. Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al. (2007).

³ Calculado descontando-se a produção de nutrientes da fase Creche em relação a UPL 25kg. Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al. (2007).

O cálculo da demanda de P₂O₅ para cada unidade suinícola foi realizado pela seguinte equação:

$$P_2O_5 / ha \text{ da Unidade Suinícola } I = \text{Área } I \text{ (ha)} * \text{kg de } P_2O_5 / ha \text{ da(s) cultura(s) da Área } I + \text{Área } II \text{ (ha)} * \text{kg de } P_2O_5 / ha \text{ da(s) cultura(s) da Área } II + \dots \text{Área } X \text{ (ha)} * \text{kg de } P_2O_5 / ha \text{ da(s) cultura(s) da Área } X$$

Para avaliar os dados, foi realizada uma estatística descritiva das informações repassadas pelos entrevistados e elaborado mapas para visualização espacial dos talhões do estudo.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Geração e demanda de dejetos líquidos de suínos

A capacidade de alojamento dos 15 empreendimentos suinícolas, conforme Apêndice B, é de 11.855 animais por lote. Desse modo, com base nos dados de geração de dejetos (FEPAM, 2014), segregados por sistema de criação dos animais, estima-se a produção de 31.093,5 m³/ano de dejetos.

Conforme os valores médios de Cu e Zn presentes no DLS (Tabela 2), estimados segundo a densidade média dos dejetos de 1010 kg/m³, a geração de DLS e o fósforo relativo a este volume (CQFS, 2016), teremos os valores apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6 - Teores médios de Cu e Zn de dejetos líquidos de suíno

Material orgânico	Cu	Zn
	mg/kg ⁻¹⁽¹⁾	
Dejetos líquidos de suíno	16	43

Fonte: Adaptado de CQFS (2016).

⁽¹⁾ Concentração expressa com base em material seco em estufa a 65°C.

Tabela 7 - Rebanho de suínos alojados nas unidades de produção de leitões (UPL), nas unidades de terminação (UT) e nas unidades de creche (UC) e a respectiva geração de dejetos líquidos anual e de excreção de nutrientes

Sistema de produção	Número de animais alojados	Geração de dejetos e excreção de nutrientes				
		Volume de dejetos líquidos ⁽¹⁾		P ₂ O ₅ *	Zn**	Cu**
		- m ³ /120 dias -	- m ³ ano ⁻¹ -		----- kg ano ⁻¹ -----	
UT (110 dias)	8.640	1	25.920	37.152	1.125,7	418,9
UPL (21 dias)	515	2,3	3.553,5	5.665	154,3	57,4
UC	2.700	1,4	1.620	675	70,4	26,2
Total	11.855	----	31.093,5	43.492	1350,4	502,5

Fonte: FEPAM (2014), considerando 3 lotes por ano.

* Fonte: FATMA (2014).

**Valores estimados com base na densidade de DLS de 1010 kg/m³ e o volume de dejetos gerado pelos empreendimentos estudados.

Ao realizar o levantamento de dados nos 15 empreendimentos, realizou-se a relação entre a quantidade de fósforo gerada no ano (kg P/animal.ano) e a quantidade de fósforo demandada (com base nas informações dos cultivos e área de cada talhão, encontrados no

Apêndice A e B, em kg P₂O₅/ha do somatório dos talhões de cada unidade suinícola. Após o tratamento dos dados foi confeccionada a Tabela 8, apresentada a seguir.

Tabela 8 - Relação entre geração e demanda de fósforo para os talhões de cada unidade suinícola estudada da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão do Município de Palmitinho, RS

UNIDADE SUINÍCOLA	GERAÇÃO	DEMANDA	P ₂ O ₅
	P ₂ O ₅ (kg/ano)	P ₂ O ₅ (kg/ano)*	REMANESCENTE (kg/ano)
1	3520	4282,2	-762,2
2	2150	1534,8	615,2
3	1100	1726,8	-626,8
4	3440	2617,8	822,2
5	2795	336	2459
6	4300	3397,8	902,2
7	2150	1212,6	937,4
8	2666	776,4	1889,6
9	2580	2919	-339
10	1045	168	877
11	3526	2110,2	1415,8
12	4300	1683	2617
13	675	1719	-1044
14	3569	1062	2507
15	5676	2026,8	3649,2
TOTAL	43492	27572,4	15919,6

Fonte: Autor (2023).

Com base nos dados apresentados, pode-se inferir que as Unidades Suinícolas 1, 3, 9 e 13 possuem área excedente para suprir a geração de fósforo derivada dos DLS. De forma inversa, a Unidade Suinícola 15 foi a que apresentou maior necessidade de área para distribuição dos DLS gerados. De modo geral, a maioria das unidades demandam de mais área para suprir o uso do P existente. Os dados de demanda de P foram estimados com base em valores usuais e não caracterizam a real produtividade e necessidade das plantas nos talhões. De toda forma, podem nortear os usuários de DLS como fertilizante orgânico a buscar mais áreas para suprir a geração destes.

Os valores observados exprimem certa preocupação em função de que, de forma geral, a geração de dejetos é superior a 0,39 vezes as quantidades demandadas e em algumas unidades suinícolas este valor é maior que 8,32 vezes. Tais números podem preocupar ainda mais caso os teores disponíveis de fósforo no solo estejam próximos ou acima do Limite Crítico

Ambiental de Fósforo (LCA-P), pois podem transferir o fósforo para a água causando sua contaminação.

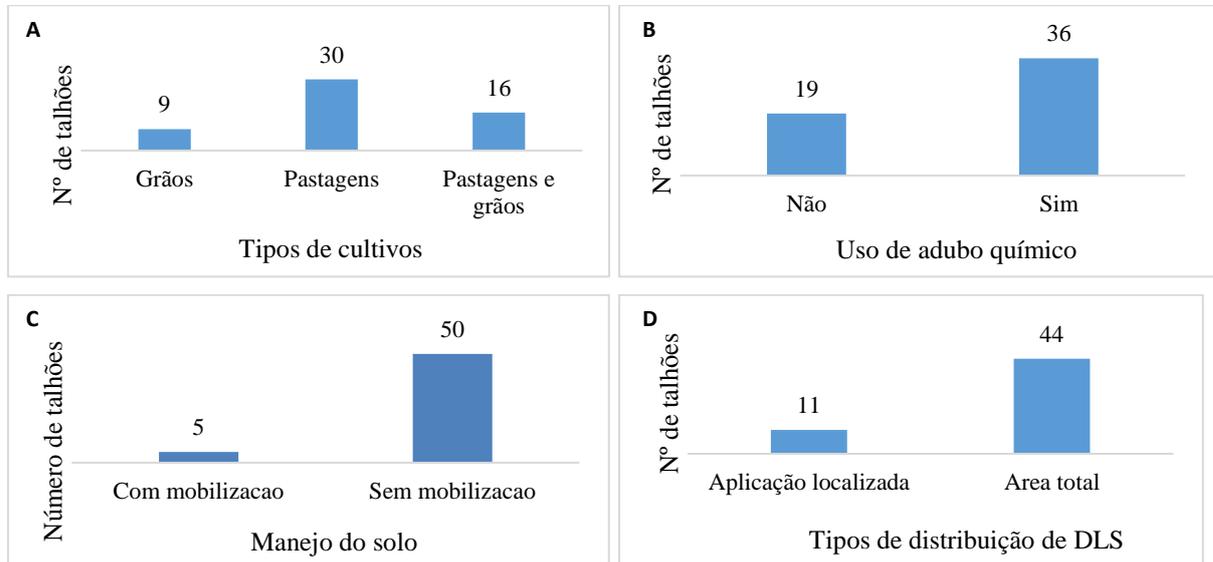
3.4.2 Critérios de avaliação das glebas do estudo

A fim de complementar a avaliação do estudo, na Figura 5 são apresentados os critérios de utilização dos DLS nos talhões do estudo e manejos dos mesmos. Relacionado aos dados apresentados na Tabela 8 um fator não levado em consideração nos cálculos é que em algumas das áreas do estudo, além da utilização do fertilizante orgânico, são usados fertilizantes minerais que, sendo estes fosfatados, acabam acrescentando quantidades de fósforo no solo, contribuindo para superdosagens deste nutriente. A proporção de áreas que utilizam fertilizantes minerais é apresentada na Figura 5B e indica que a maioria dos talhões recebem tais fertilizantes, correspondendo a 65,4% do total das ADS.

Aliado a adubação química, Silva et al. (2019) destacaram que a adubação por fertilizante orgânico tende a ser uma prática viável desde que respeitada a capacidade de adsorção do solo e a necessidade de cultivos, como no caso de gramíneas, isto porque os DLS aumentam o N e o P do solo que, em excesso, podem causar o efeito contrário e prejudicar o crescimento das plantas. Tavanti et al. (2018) também destacaram sobre a adubação com DLS, enfatizando, dentre os benefícios, melhorias na porosidade e diminuição da resistência do solo à penetração.

Em relação às informações sobre as culturas implantadas nos talhões, há o predomínio do uso do solo para o cultivo de pastagens (Figura 5A). Nota-se, por meio dos resultados, que dos 55 talhões de áreas agrícolas analisadas, a maioria deles (30) são compostos por pastagens. Tal dado representa o uso do solo utilizado, em sua maior parte por vegetação de gramíneas que por sua vez, possuem maior capacidade de assimilação de fósforo para seu desenvolvimento. Este uso, auxilia na incorporação dos DLS ao solo em forma de fertilizante, que além de serem de fácil logística para sua distribuição, demonstram a aptidão agrícola da bacia para o cultivo de vegetação para alimentação de rebanho bovino, contribuindo para a exportação dos nutrientes do solo.

Figura 5 - Gráficos dos critérios de avaliação levantados pela pesquisa nas unidades suinícolas, sendo: tipos de cultivos (A), uso de adubo químico (B), manejo do solo (C) e tipos de distribuição de dejetos líquidos de suínos (D), relacionados ao número de talhões do estudo na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho-RS



Fonte: Autor (2023).

No estudo, o cultivo de grãos se deve bastante ao cultivo de milho para silagem, em função de que a atividade de bovinocultura possui grande relevância na área do estudo e tal cultura serve, também, de alimento para o rebanho bovino.

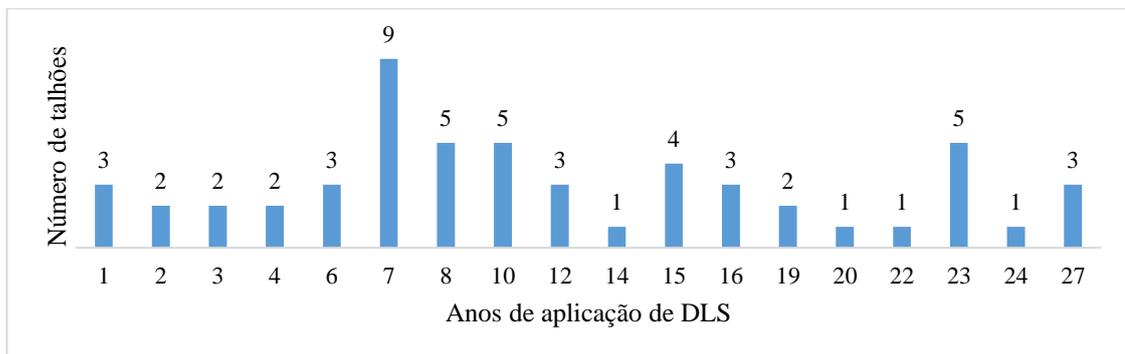
Crispim et al. (2010), verificaram que a utilização dos dejetos suínos na produção de pastagens do gênero *Cynodon* spp (Tifton 85), retornou em um aumento na produção de massa seca, indicando a eficiência dos dejetos de suínos como fertilizante nessas pastagens. Corroborando, Basso et al. (2012) destacam que o DLS, ao ser utilizado como fertilizante, é bastante eficaz em áreas cultivadas com grãos e de pastagem, em razão dos nutrientes existentes, todavia, é preciso equalizar as concentrações dos referidos nutrientes, para que os efeitos não sejam negativos.

Em relação ao manejo do solo, verificou-se que, nas áreas com uso de dejetos suínos, predominou o manejo sem mobilização do solo. Tais resultados condizem com a Figura 5C, que apresenta o uso de pastagens sendo o cultivo utilizado na maior quantidade de áreas agrícolas. Para pastejo do rebanho bovino e culturas perenes, como é o caso das pastagens, o solo geralmente possui menor mobilização que em solos com culturas de grãos, em função de estas áreas servirem para acomodação dos animais a campo.

Segundo Damasceno (2010), a imobilização do solo ocorre com a distribuição dos dejetos na superfície, evitando distúrbios mecânicos no solo. Em um experimento realizado por

Giacomini et al. (2013), verificaram que os processos ligados à imobilização microbiana de N inorgânico e mineralização de N orgânico influenciam na liberação de N para a cultura, resultando em maior rendimento. Relativo aos anos de aplicação de DLS nos talhões investigados, os dados obtidos responderam ao uso das áreas entre 01 e 27 anos, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Gráfico representativo dos anos de aplicação de dejetos líquidos de suínos nos talhões das unidades suinícolas do estudo.



Fonte: Autor (2023).

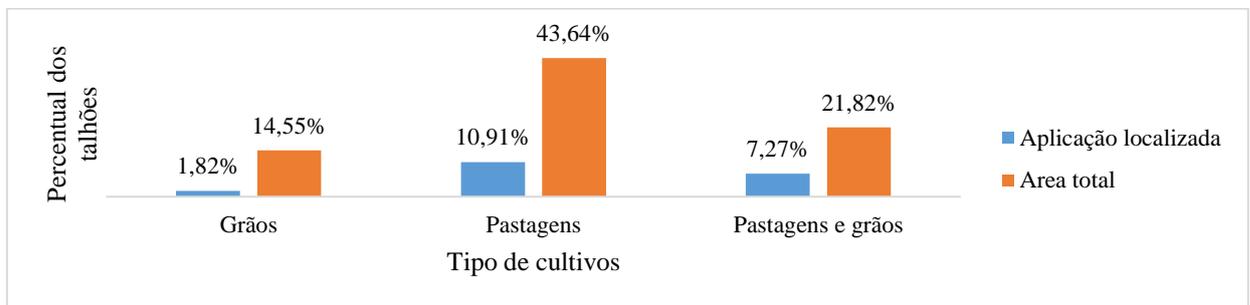
Observa-se, pelo gráfico acima que, aproximadamente, 17% dos talhões recebem DLS por um período entre 0 a 5 anos, 40% entre 5,01 a 10 anos, 25% entre 10,01 a 20 anos e 18% acima de 20,01 anos de aplicação.

De acordo com Silva (2015), o tempo de aplicação de DLS influencia na respiração basal do solo, sendo que, os maiores valores foram verificados em áreas com histórico médio de 14 anos de aplicação, enquanto que as áreas com média de 2 anos de aplicação tiveram os valores de respiração basal reduzido. O uso de DLS também foi analisado por Morales et al. (2016) que evidenciou, após um experimento de 10 anos de adubação com DLS, um aumento da atividade microbiana do solo, enquanto que Comin et al. (2013), ao investigarem a aplicação de um composto de dejetos suínos (líquidos e dejetos), registraram a obtenção de produtividade equivalente ou superior às áreas em que foram utilizadas ureia. Além disso, o uso de dejetos suínos aumentou o teor de carbono, reduzindo a densidade do solo e, por consequência, facilitando o crescimento radicular.

Outro exemplo foi o estudo de Cassol et al. (2012) que, durante 15 anos, acompanharam experimento com o objetivo de substituir a adubação mineral por DLS, verificando, como resultados, aumento da produtividade, manutenção da qualidade física e da matéria orgânica do solo, além de não serem verificadas alterações de pH.

Uma análise comparativa baseada nos dados da Figura 7, apresenta que a grande maioria da adubação por DLS é realizada por distribuição em área total, correspondendo a 80,01% da distribuição dos dejetos. Esta forma de aplicação, possui maior homogeneidade do volume de DLS aplicado espalhado equitativamente no solo. Tal condição faz com que os nutrientes permaneçam na camada mais superficial do solo, reduzindo a velocidade de infiltração vertical no solo e lixiviação para as fontes de água. Também, fazem com que as culturas adubadas possuam rendimentos homogêneos em termos de produtividade.

Figura 7 - Gráfico do percentual de talhões das Áreas com Uso de Dejetos Suínos (ADS) comparando os tipos de cultivos frente às formas de aplicação de dejetos

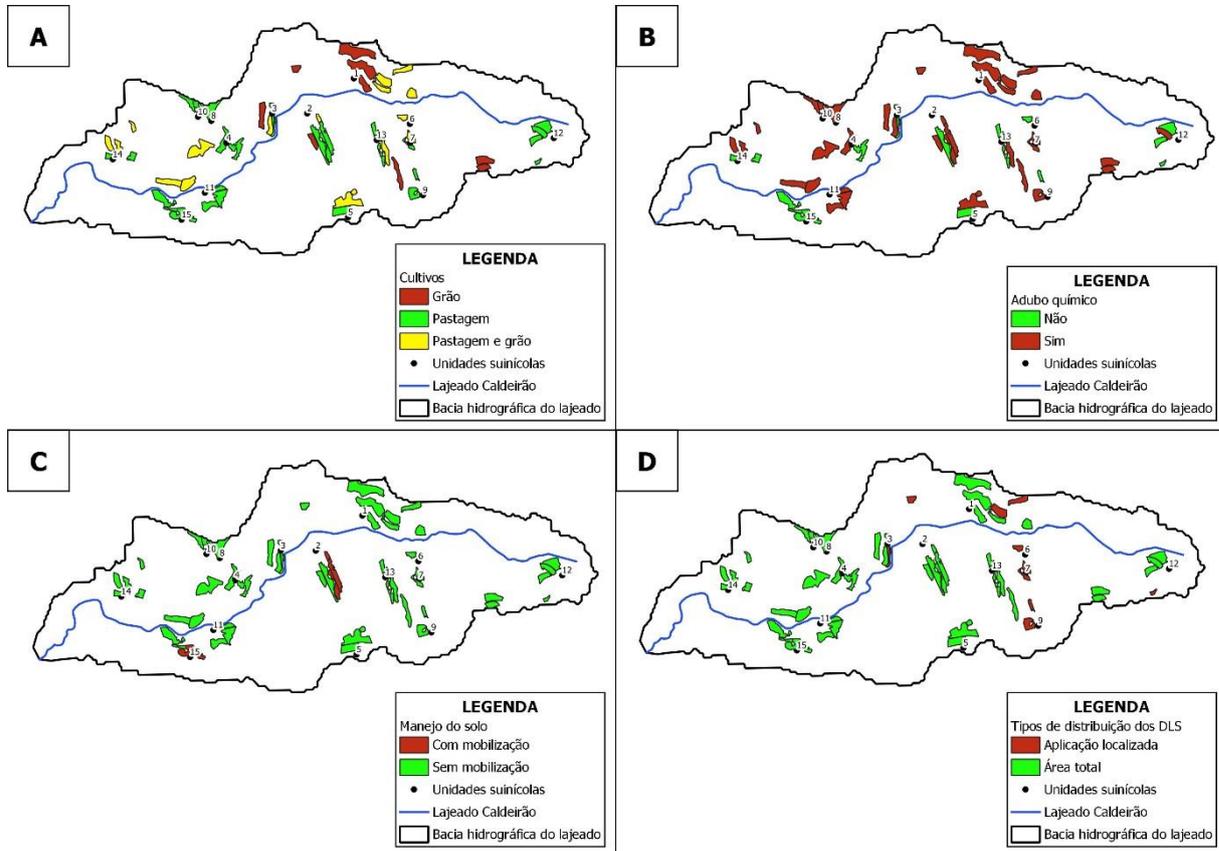


Fonte: Autor (2023).

Além da representatividade que as pastagens representam nas áreas do estudo, estas correspondem, em área, a 46,2% das ADS, dado cuja realidade exprime que boa parte do destino dos DLS são utilizados como fertilizantes em culturas que demandam maior quantidade de nutrientes para seu desenvolvimento.

Por fim, a Figura 8 que representa, especialmente, os talhões das ADS relacionados aos critérios da avaliação referentes à pesquisa do estudo. Como pode-se observar, a maioria dos talhões estão localizados próximos das unidades suinícolas o que facilita a distribuição dos DLS trazendo um grande potencial agrônomo relativo a adubação e reduzindo custos de transporte e destinação dos mesmos.

Figura 8 - Mapas representativos dos critérios de avaliação levantados pela pesquisa nas unidades suinícolas, sendo: tipos de cultivos (A), uso de adubo químico (B), manejo do solo (C) e tipos de distribuição de dejetos líquidos de suínos (D), relacionados ao número de talhões do estudo na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho-RS



Fonte: Autor (2023).

3.5 CONCLUSÃO

A maioria dos empreendimentos demandam de uma área maior para suprir toda a capacidade de produção de P provinda dos DLS.

A utilização de fertilizantes minerais combinado ao uso de DLS correspondeu a maior quantidade de talhões e estes, em consonância a longos períodos de uso de DLS (5 a 20 anos) conforme determinou o estudo, podem comprometer a qualidade do solo e água da bacia em estudo.

Áreas com cultivo de pastagens e distribuição dos DLS por área total são predominantes nos talhões do estudo, demonstrando que o atual gerenciamento dos DLS é favorável às culturas de maior exportação de nutrientes.

Devido ao grande uso dos dejetos em áreas circunvizinhas aos empreendimentos suínícolos, evidencia-se um bom manejo dos mesmos, pois estes possuem nutrientes em sua composição que se tornam economicamente viáveis sendo utilizados em áreas próximas e em substituição a fertilizantes minerais.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSO, C. J. et al. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 653-659, 2012.

CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911-1923, 2012.

COMIN, J. J. et al. Physical properties and organic carbon content of a typical hapludult soil fertilized with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, n. 5, p. 459-470, abr. 2013.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

CRISPIM, S. M. A. et al. **Aplicação de dejetos suínos na produção de Tifton 85 em assentamento rural, São Gabriel do Oeste, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos de suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

FAN, F. M. **Atividade prática orientada: delimitação de bacias hidrográficas usando o QGIS**. n. 06, p. 1–25, [s.d.].

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Instrução Normativa 11**: versão outubro/2014. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>. Acesso em: 02 dez. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. **Fepam**, p. 1–10, 2014.

GATIBONI, L. C. et al. Proposta de Limites Críticos Ambientais de Fósforo para Solos de Santa Catarina. **UDESC/CAV**, Lages-SC, Boletim técnico nº 2, 2014, 38 p. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/?id=340>. Acesso em: 02 dez. 2022.

GIACOMINI, S. J. et al. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 211-219, 2013.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

KORNEGAY, E. T. et al. Environmental nutrition: nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 13, p. 99-111, 1997.

MATSUOKA, M. et al. Impacto da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade de solos do Oeste Catarinense. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.540-562, jan/mar. 2019

MORALES, D.; et al. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 260-266, Feb. 2016

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 58, n.4, p.807-812, 2001.

PALMITINHO. **Sobre**. Disponível em: <https://palmitinho.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/66>. Acesso em: 03 set. 2019.

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006

SERPA FILHO, R, et al. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013.

SILVA, M. R. et al. Fertilization of Tifton 85 with Swine Liquid Manure. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 7, p. 918-926, jul. 2019.

TAVANTI, R. F. R. et al. Crop productivity and soil quality after fertilization with liquid swine manure. **Acta Agronômica**, Colômbia, v. 67, n. 2, p. 303-310, 2018.

WEBER, E. et al. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2004.

4 CAPÍTULO II: DISPONIBILIDADE E LIMITE CRÍTICO AMBIENTAL DE FÓSFORO NO SOLO COM USO CONTÍNUO DE DEJETOS SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO

4.1 RESUMO

O fósforo é um elemento essencial para as plantas, especialmente para as áreas de cultivo, sendo um nutriente fundamental. Porém, quando aplicado em excesso, passa a apresentar um alto potencial poluidor, razão pela qual seu uso deve ser realizado com cautela. Dentre os impactos negativos desse elemento, destaca-se a eutrofização, que interfere diretamente na qualidade das águas. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo quantificar os teores de fósforo no solo e relacionar com as classes de disponibilidade para as plantas e ao limite crítico ambiental em áreas de cultivos de grãos e forrageiras com uso frequente de dejetos de suínos. A metodologia consistiu na avaliação dos teores disponíveis quanto a disponibilidade de P no solo e avaliação do LCA-P. Como principais resultados, verificou-se que a maioria das áreas que recebem adubação por DLS ou fertilizantes químicos possuíam alta a muito alta disponibilidade de fósforo, o que indica grande potencial agrônômico. Poucas áreas apresentaram teores de P acima do LCA-P e a maioria dos talhões possuem até 60% do LCA-P. Como conclusão, destacou-se que a maioria das áreas teve aumento dos teores naturais de fósforo e devido tais características, recomenda-se o monitoramento e manejo adequado das áreas de maior fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Fósforo. LCA-P. Dejetos Líquidos de Suínos.

4.2 INTRODUÇÃO

A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) em solos agrícolas pode ser uma eficiente forma de ciclagem de fósforo e uma das alternativas para seu descarte, minimizando seu potencial poluente. Contudo, as diferenças entre a sua composição e as necessidades das plantas pode elevar a disponibilidade no solo acima dos níveis críticos ambientais (MATHIAS, 2006). Isso ocorre principalmente com adubações contínuas (SMANHOTTO, 2008) e a intensidade depende da composição dos DLS, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, da textura de solo e do tempo de utilização (CORREA et al., 2011).

Segundo Berwanger (2006), poucos são os trabalhos que apresentaram resultados do efeito cumulativo do uso prolongado de DLS sobre a disponibilidade de fósforo no solo. Em um estudo realizado por Teodoro (2015) sobre a aplicação contínua de DLS, em solos arenosos, por um período menor que 10 anos, verificou-se que houve aumento dos teores de fósforo na camada de 0-20 cm, mas não detalha a problemática ambiental desse nutriente.

Os estudos realizados por Scherer et al. (2010) e Penha et al. (2015) relatam modificações nos teores de fósforo no solo com aplicações DLS por 20 anos e 9 anos, respectivamente. Scherer et al. (2010) destacam que os maiores teores de fósforo foram observados na camada de 0-5 cm. Novais e Smith (1999) destacam que os óxidos de ferro e alumínio os coloides do solo que adsorvem o fósforo com maior intensidade, causando acúmulo na camada superficial quando a aplicação do fertilizante não é incorporada ao solo.

É importante considerar que o fósforo é um nutriente que pode provocar poluição do ambiente, mesmo com a elevada capacidade dos solos tropicais em adsorver o mesmo em sítios específicos nos óxidos de ferro e de alumínio. Esta situação pode ocorrer quando se dá aplicação de DLS em doses excessivas ou em sucessivas aplicações, que pode resultar em grande acúmulo desse nutriente, principalmente, na camada superficial do solo (SCHERER et al., 2007).

O fósforo apresenta baixa mobilidade no solo e as perdas pela movimentação vertical em solos agrícolas são consideradas insignificantes (HEATHWAITE et al., 2015). No entanto, quando excede a capacidade de adsorção pelos coloides do solo ou devido ao escamento superficial pode levar quantidades significativas de fósforo para os mananciais de águas.

Para as áreas em condições de frequente utilização de DLS, Gatiboni et al. (2014) propuseram um método que possibilita calcular o limite crítico ambiental do fósforo no solo, que corresponde ao teor máximo de fósforo na camada de 0 a 10 cm do solo. Esse parâmetro visa delimitar quanto o solo é capaz de reter o fósforo a ponto de não ser deslocado para os corpos hídricos.

Essa metodologia é utilizada por órgãos ambientais para o licenciamento da suinocultura, sendo verificado nos procedimentos do Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), por meio da Instrução Normativa 11 (FATMA, 2014), e pelo Sistema Municipal de Meio Ambiente do município de Palmitinho (SISMAM), órgão ambiental competente da área de abrangência deste estudo, por meio de Planilha de recomendação para adubação com dejetos suínos (PALMITINHO, 2019).

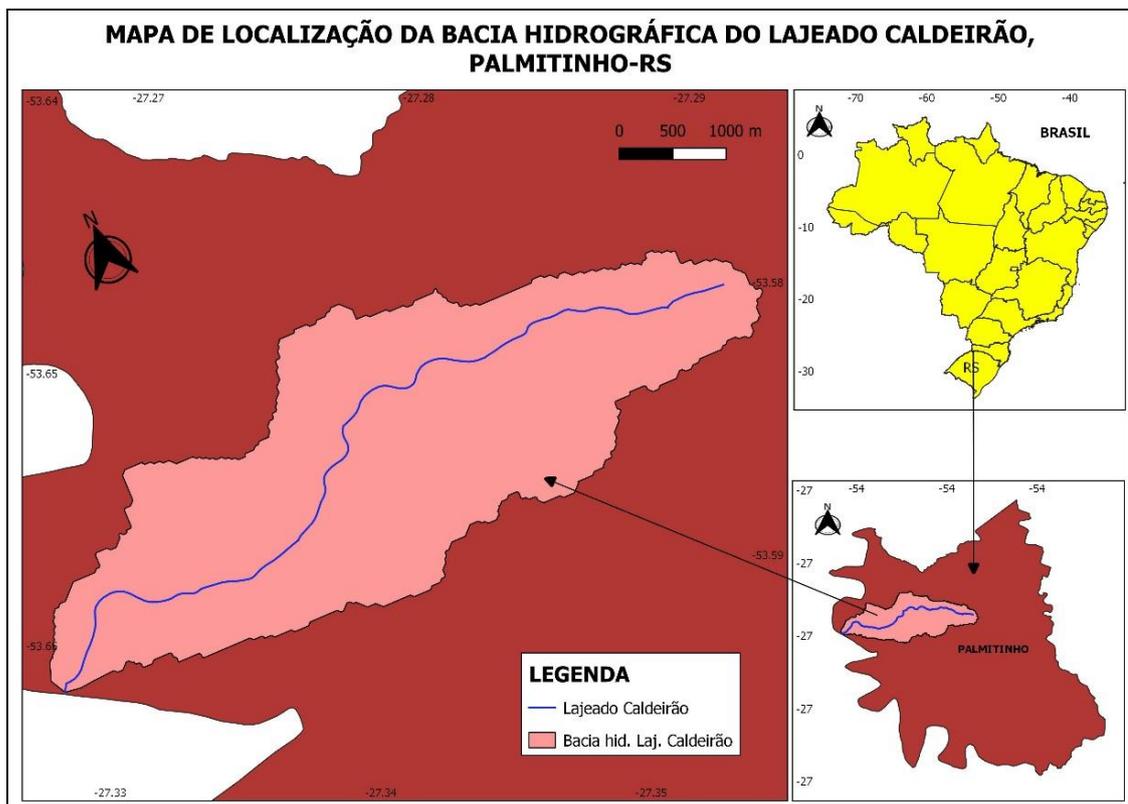
Apesar do Brasil não apresentar estudos mais aprofundados sobre limites críticos ambientais, a metodologia do LCA-P no solo proposta por Gatiboni et al. (2014) é o que há de mais recente na bibliografia. Com base nessas informações, o presente estudo teve o objetivo

de quantificar os teores de fósforo no solo e relacionar com as classes de disponibilidade para as plantas e ao limite crítico ambiental em áreas de cultivos de grãos e forrageiras com uso frequente de dejetos de suínos.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão (1.352,8 ha), situada no município de Palmitinho, noreste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 09), no período de março à agosto de 2020.

Figura 9 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil



Fonte: Autor (2023).

O clima da região é subtropical muito úmido com inverno frio e verão quente, sendo que o substrato litológico da bacia é composto de basaltos da Formação Serra Geral (Fácie Paranapanema), com relevo ondulado e cotas de altitude variando de 198 a 513 m. As classes de solos mais expressivas desta bacia hidrográfica são Neossolos e Cambissolos (CUNHA et al., 2010).

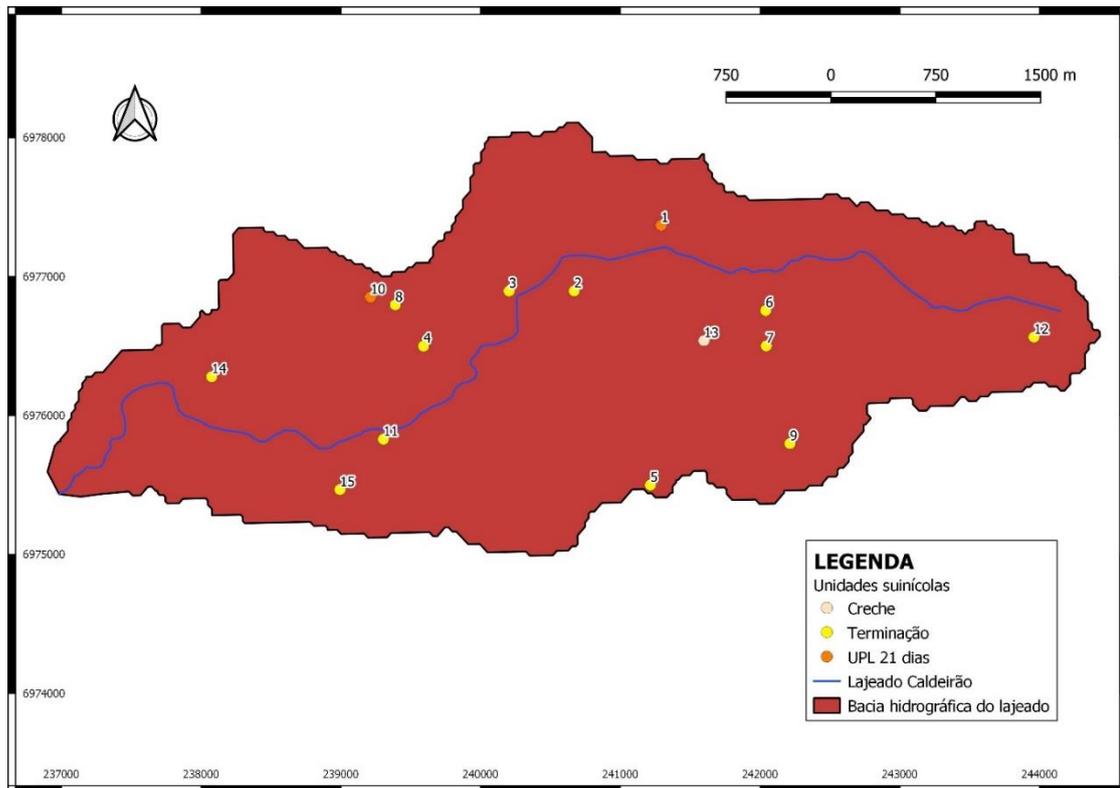
A ocupação agrícola é desenvolvida em toda bacia, com menor densidade em áreas mais declivosas. As lavouras encontram-se principalmente nos vales, mas é possível encontrá-las também em áreas mais íngremes. Da vegetação, outrora de mata nativa composta pela formação floresta estacional decidual submontana, restam fragmentos preservados em áreas onde não foi possível a prática agrícola em função do relevo acidentado.

A confecção dos mapas foi com o software QGIS, versão 3.8 (FAN, [s.d.]). A delimitação da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão foi com o arquivo raster do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Rio Grande do Sul (WEBER et al., 2004) e o arquivo vetorial da malha municipal do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019).

Recortado o MDE pelo vetor do município de Palmitinho, extraiu-se a área da bacia hidrográfica por meio da ferramenta *SAGA Fill skins (wang & liu)*. Após, este procedimento, converteu-se o raster em vetor para melhor utilização da feição. O curso hídrico principal (Lajeado Caldeirão) delimitado com base nas cartas do exército do município (HASENACK; WEBER, 2010) e da imagem de satélite do Google Satellite, aproximando-se com maior precisão do real posicionamento do lajeado.

A bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão possui 17 unidades de produção de suínos (PALMITINHO, 2019). Dessas, 15 unidades utilizam os dejetos líquidos como fertilizante dentro da bacia hidrográfica (Figura 10). A localização das 15 unidades de produção de suínos da bacia hidrográfica foi com base no mapa da evolução da suinocultura do município de Palmitinho (PALMITINHO, 2019).

Figura 10 - Mapa de localização das unidades suínolas por sistema de produção de animais, da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil



Fonte: Autor (2023).

O rebanho de suínos alojados nas 15 unidades de produção é de 11.855 animais, divididos em 13 unidades de terminação (8.640 animais), 3 unidades de produção de leitões (515 animais) e uma unidade creche (2.700 animais). Com base nos dados de geração de dejetos de suínos (FEPAM, 2014), estimou-se $31.093,5 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos. Considerando a concentração de fósforo nos dejetos líquidos (FATMA, 2014) é excretado anualmente 43.492 kg de fósforo na forma de P_2O_5 .

Em cada unidade de produção de suínos foi realizado um detalhamento por meio de um questionário, delimitando talhões em função da localização, tipo de cultivo, forma, quantidade e frequência de aplicação (Apêndice A e Apêndice B). Com base nessas informações, as áreas foram subdivididas em até cinco talhões, localizada na própria unidade de produção de suínos ou em áreas cedidas por terceiros (Figura 11). No total, foram selecionados 55 talhões com aplicação de dejetos proveniente de 15 unidades de produção de suínos, totalizando uma área de 94,1 ha.

A identificação das Áreas com Uso de Dejetos Suínos (ADS) foi com algarismos arábicos (1,2,3,...15) e os talhões de cada área em algarismos romanos (I, II, III, IV e V). A caracterização das áreas e dos talhões encontra-se na Tabela 9. Na Figura 11 também estão

identificados sete talhões sem uso de dejetos de suínos (SD) e cinco talhões com Áreas de Mata Nativa (AMN) identificados nos mapas com a inicial (M). Os talhões SD correspondem as Áreas com Adubação Química (AAQ), de cultivo com uso exclusivo de adubação mineral.

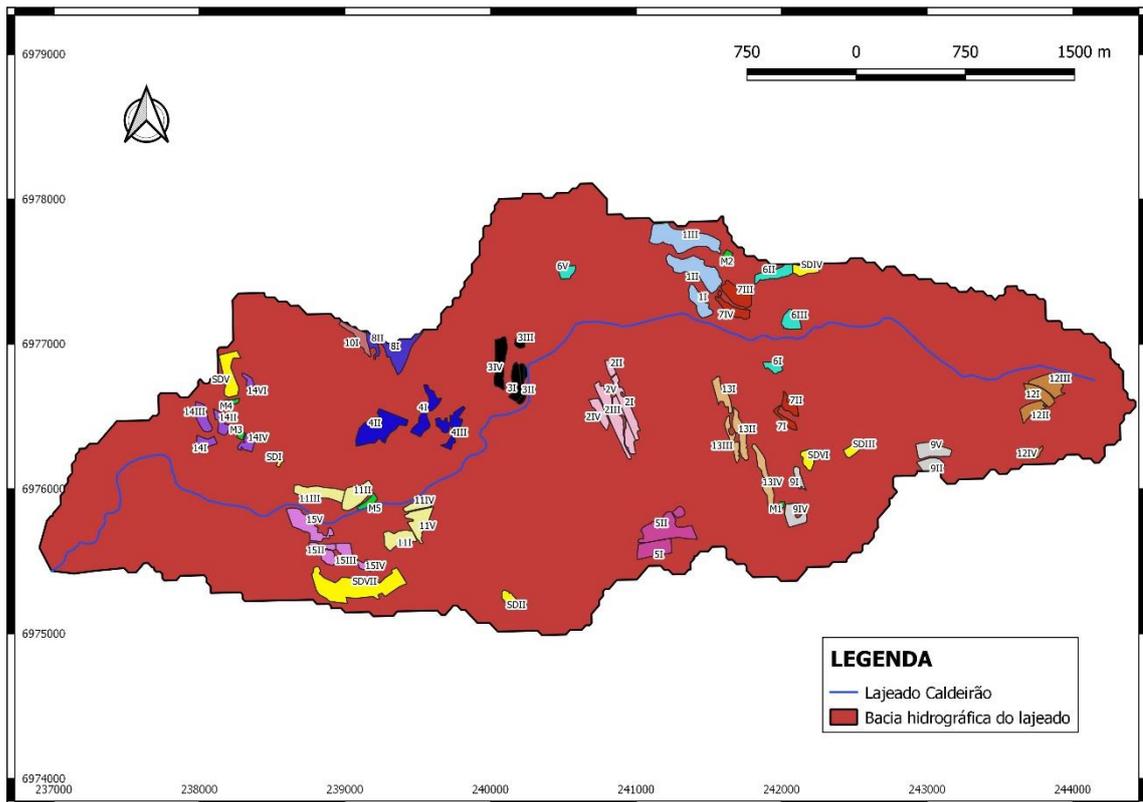
Tabela 9 - Caracterização geral dos talhões com aplicação de dejetos de suínos da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.

Caracterização	Área e talhão
Tempo de uso de dejetos líquidos de suíno	
1 ano	9I; 9II; 14VI
2 anos	2II; 14III
3 anos	5II; 9V
4 anos	9IV; 14IV
6 anos	6V; 7III; 7IV
7 anos	6II; 11II; 11III; 11IV; 11V; 12IV; 15II; 15III; 15IV
8 anos	4I; 4II; 4III; 6III; 8II
10 anos	1I; 1II; 1III; 2IV; 13IV
12 anos	12I; 12II; 12III
14 anos	5I
15 anos	6I; 8I; 14I; 14II
16 anos	2I; 2III; 2V
19 anos	7I; 7II
20 anos	15V
22 anos	10I
23 anos	3I; 3II; 3III; 3IV; 3V
24 anos	11I
27 anos	13I; 13II; 13III
Forma de distribuição dos dejetos	
Área total	13II, 3I, 14II, 6III, 4II, 11III, 11II, 7IV, 5II, 14III, 14VI, 2II, 15II, 13III, 13I, 11I, 3III, 10I, 15V, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 11V, 11IV, 14IV, 2V, 2I, 15IV, 15III, 3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 9V, 9II
Aplicação localizada	7II, 6I, 6II, 7III, 3V, 3II, 7I, 12IV, 9IV, 9I, 6V
Tipos de cultivos	
Pastagem	15II, 13III, 13I, 11I, 3V, 3III, 3II, 10I, 15V, 7I, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 12IV, 11V, 11IV, 14IV, 9IV, 9I, 2V, 2I, 15IV, 15III
Grãos	3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 6V, 9V, 9II
Pastagem e grãos	13II, 3I, 7II, 14II, 6I, 6III, 4II, 11III, 11II, 6II, 7IV, 7III, 5II, 14III, 14VI, 2II
Manejo do solo	
Com mobilização	2II, 2V, 2I, 15IV, 15III
Sem mobilização	15II, 13II, 3I, 14II, 6III, 4II, 11III, 11II, 7IV, 5II, 14III, 14VI, 13III, 13I, 11I, 3III, 10I, 15V, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 11V, 11IV, 14IV, 3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 9V, 9II, 7II, 6I, 6II, 7III, 3V, 3II, 7I, 12IV, 9IV, 9I, 6V

Fonte: Autor (2023).

Os talhões selecionados foram delimitados com o auxílio de imagens de satélite do *Google Satellite*, complemento carregado dentro do software QGIS versão 3.4.12, gerando polígonos georreferenciados no datum SIRGAS 2000, zona 22S, em coordenadas planas.

Figura 11 - Identificação dos talhões com aplicação de dejetos de suínos como fertilizante (algarismo arábico corresponde a área e o algarismo romano o talhão), sem aplicação de dejetos (SD) e mata nativa (M) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Autor (2023).

A amostragem do solo foi realizada por talhão, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em seis pontos aleatórios, compondo uma amostra composta por camada. As amostragens foram realizadas com pá-de-corte, conforme a recomendação da CQFS-RS/SC (2016). Além dos 55 talhões com aplicação de dejetos de suínos (94,1 ha), foram coletadas amostras em sete talhões que receberam somente adubação mineral (14,1 ha) e cinco talhões em áreas de mata nativa (1,6 ha), totalizando 134 amostras compostas nas duas camadas de solo.

Após coletadas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Química de Solo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen. O fósforo do solo foi extraído com solução de Mehlich-1, composta por uma mistura de ácido clorídrico ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$) e ácido sulfúrico ($0,0125 \text{ mol L}^{-1}$). A quantificação do fósforo extraído foi por

espectrofotometria. O fósforo quantificado por essa metodologia é denominado de “disponível” (CQFS-RS/SC, 2016).

Os teores de fósforo no solo foram classificados conforme a classe de disponibilidade para as plantas (CQFS-RS/SC, 2016), considerando o elemento como fonte de nutriente. Essa classificação é obtida inicialmente com base na exigência em fósforo pelas culturas. Após determinar os teores de argila (Apêndice A), foi obtida a classe de argila do solo: classe 1 (> 60%); classe 2 (60 a 41%); classe 3 (40 a 21%) e classe 4 (\leq 20%). Após o enquadramento da classe de argila é obtido a classe de disponibilidade de fósforo com base no teor encontrado no solo: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

A análise ambiental do fósforo no solo foi com base no Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P), conforme a equação proposta por Gatiboni et al. (2014) que segue abaixo:

$$LCA-P = \% \text{ teor de argila} + 40$$

Os talhões foram classificados em: abaixo do LCA-P, até 20% acima do LCA-P e acima de 20% do LCA-P.

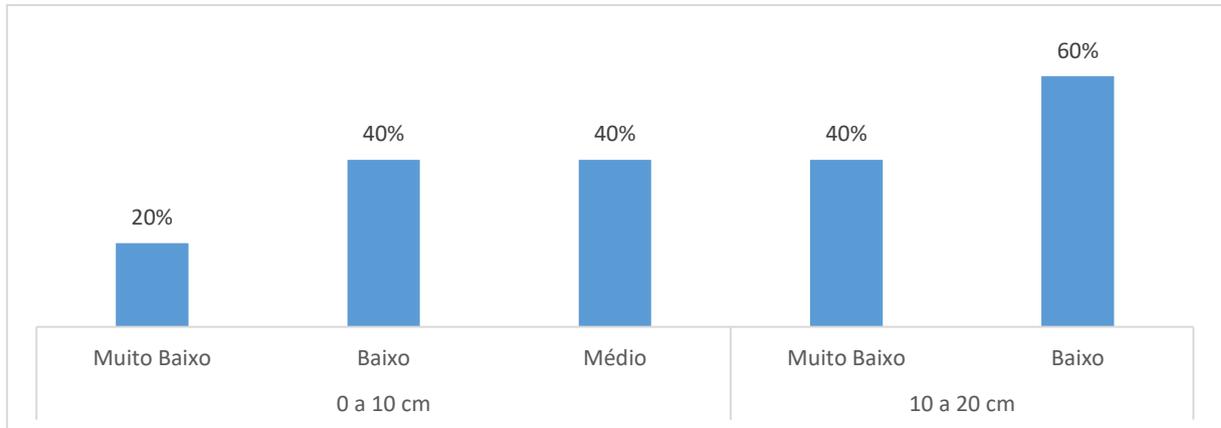
Após delimitar as classes de disponibilidade de fósforo para as plantas e o LCA-P para cada gleba, foram gerados mapas identificando potenciais agronômicos e contaminantes destes elementos nas áreas do estudo. Adotou-se estatística descritiva para explicitar as classes de disponibilidade de fósforo para as plantas e o LCA-P.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Potencial agronômico do fósforo

A disponibilidade de fósforo nas áreas de mata nativa apresentaram teores classificados de muito baixo, baixo a médio na camada de 0 – 10 cm e muito baixo a baixo na camada de 10 a 20 cm (Figura 12), indicando que todas as áreas de mata nativa apresentaram valores inferiores ao LCA-P.

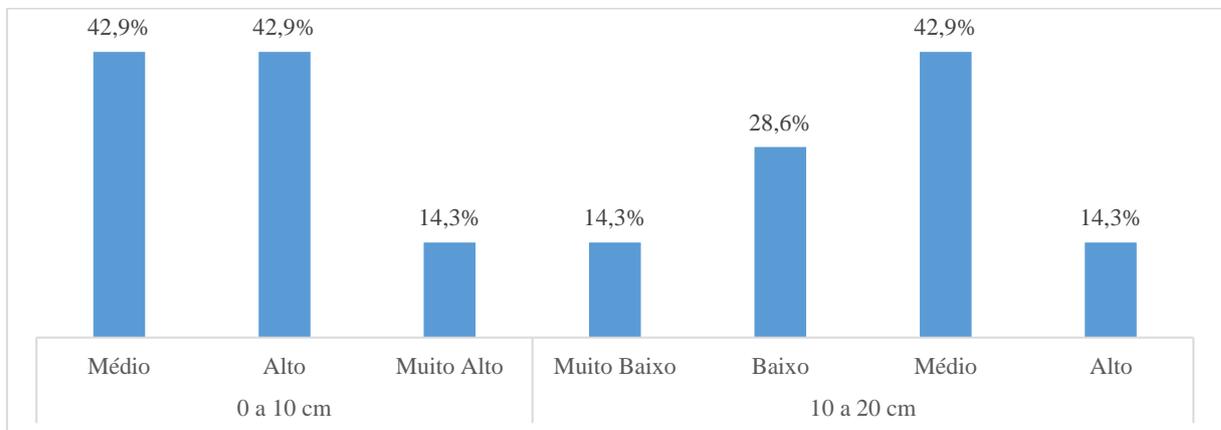
Figura 12 - Distribuição da disponibilidade de fósforo nas camadas de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) das áreas de mata nativa (AMN).



Fonte: Autor (2023).

Nas áreas de cultivo com uso de adubação mineral (AAQ), os níveis de fósforo no solo foram de médio a muito alto na camada de 0-10 cm e de muito baixo a alto na camada de 10-20 cm (Figura 13).

Figura 13 - Distribuição da disponibilidade de fósforo na camada de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas áreas de cultivo com adubação mineral (AAQ)



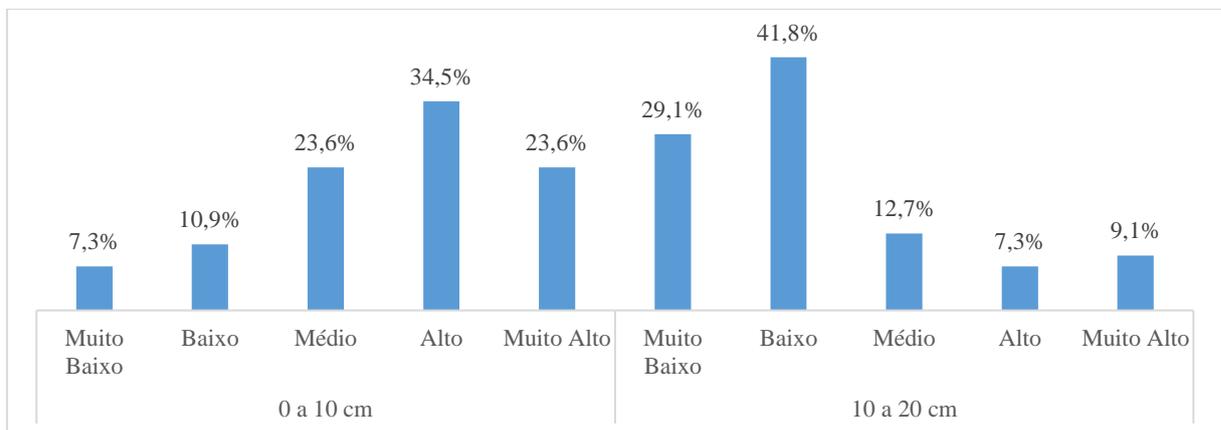
Fonte: Autor (2023).

Destaca-se que essas áreas indicaram maior disponibilidade de fósforo no solo em comparação com a mata nativa. Segundo Ronquim (2020), somente o manejo inadequado do fertilidade do solo leva a redução dos teores de nutrientes abaixo dos níveis originais, o que não aconteceu na maioria das áreas de cultivos com uso da adubação mineral. Diferentemente das áreas com uso de dejetos de suínos, estas têm como predominância a implantação de culturas de grãos (71,4%), muito provável em função da distância de lagoas de estabilização de DLS,

que dificulta o transporte até essas áreas de cultivo. Dessa forma, provavelmente a adubação mineral possibilitou o aumento dos teores de fósforo no solo em comparação as áreas de referência (mata nativa).

Utilizando os valores encontrados dos teores de fósforo nas áreas com uso de dejetos de suínos (ADS) da camada de 0-10 cm, pode-se verificar que 58,1% das glebas possuem nível alto e muito alto de disponibilidade do nutriente (Figura 14). Braga (2013) relata que nessas condições, quando os teores de nutrientes no solo estiverem acima do nível crítico, a adubação de reposição pode ser adotada, repondo somente a quantidade de nutrientes extraídos pela planta, sem comprometer a disponibilidade adequada de nutrientes no solo.

Figura 14 - Distribuição da disponibilidade de fósforo na camada de solo de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) em áreas de adubação com dejetos de suínos (ADS)

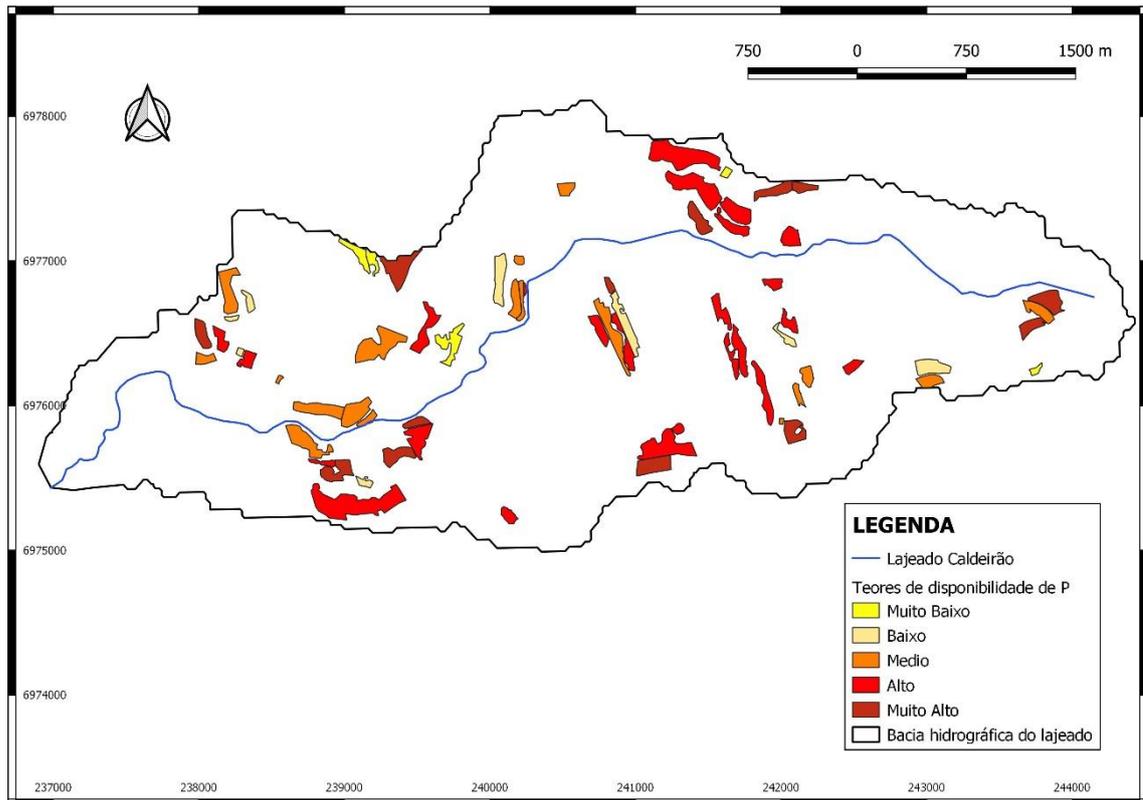


Fonte: Autor (2023).

Na camada de 10-20 cm, foram encontradas 70,9% das amostras com nível muito baixo e baixo de disponibilidade de fósforo (Figura 14). Na mesma camada, apenas 16,4% das amostras apresentam valores alto e muito alto. Além disso, quando compara as duas camadas de solo, constatou-se que 76,4% das glebas amostradas tiveram menor disponibilidade nas camadas de 10 a 20 cm; 23,6% mantiveram o mesmo nível de disponibilidade nas duas camadas e em nenhuma gleba foi observado maior disponibilidade na camada inferior. Este resultado aponta que há uma desproporcionalidade na disponibilidade de fósforo no perfil do solo quando comparada as duas camadas. Tal informação pode ser corroborada pelo estudo de CHERUBIN et al. (2011) que também afirma que este fenômeno se dá em função da baixa mobilidade desse elemento no solo. Nesta avaliação, vale ressaltar que a aplicação de DLS nas glebas é superficial, sendo assim, o fósforo que possui alta capacidade de adsorção com o solo tende a estabelecer-se na camada mais superficial do mesmo.

Na Figura 15 estão representadas as áreas estudadas dentro da bacia hidrográfica e seus correspondentes teores de disponibilidade de fósforo na camada de 0-10 cm. As áreas com teores alto e muito alto estão bem distribuídas dentro da área de estudo, não possuindo características em comum no que diz respeito a posição topográfica das mesmas.

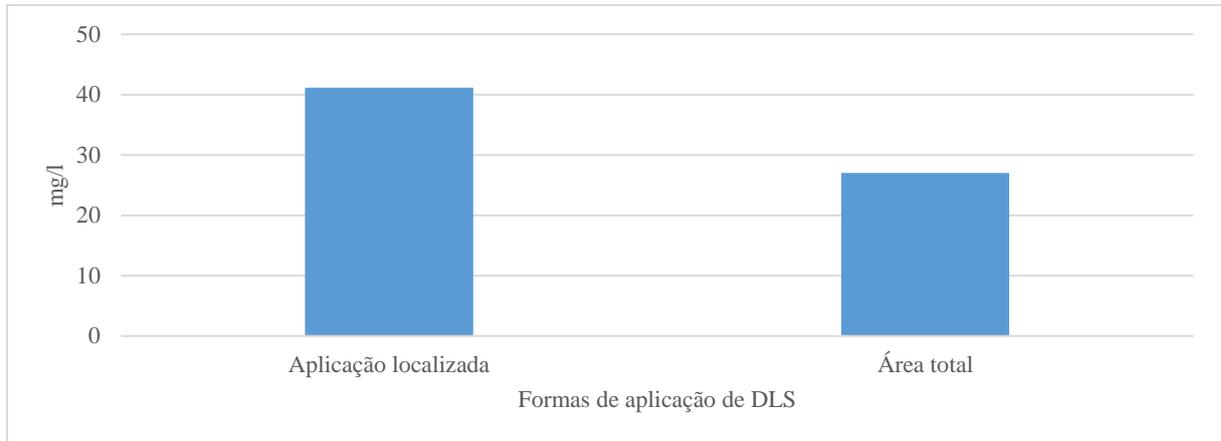
Figura 15 - Níveis de fósforo no solo nas áreas da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão



Fonte: Autor (2023).

Ao levantar os valores das médias dos teores de fósforo no solo em função do modo de aplicação de DLS, verificou-se maiores teores nas áreas com aplicação localizada, realizadas por meio de mangueira sem pivô de distribuição (Figura 16). Além da elevação dos teores de fósforo por meio desta forma de aplicação, corre-se o risco do volume aplicado de dejetos não ser absorvido totalmente pelo solo e, com a ação de chuvas, declividades acentuadas e/ou fragilidade do solo, o escoamento superficial pode levar os nutrientes presentes no dejetos para áreas mais baixas aumentando o risco de contaminação de corpos d'água (EMBRAPA, 2019).

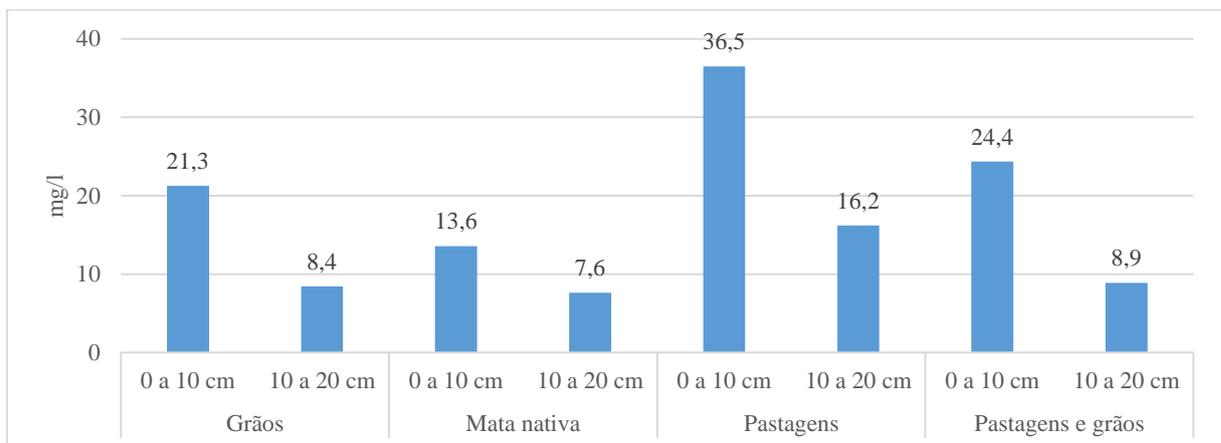
Figura 16 - Média dos teores de fósforo disponível (unidade) no solo nas áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) na forma localizada e em área total na camada de solo de 0-10 cm (A).



Fonte: Autor (2023).

Ao estabelecer um comparativo entre as médias dos teores disponíveis de fósforo nas diferentes áreas de cultivos com uso DLS (ADS), adubação mineral (AAQ) e mata nativa (AMN), percebe-se que as áreas de pastagens apresentam, em ambas camadas de solo, maior teor de fósforo, seguida pelo consórcio de pastagem e grãos, somente grãos e mata nativa, respectivamente (Figura 17). Tal característica destas glebas é atribuída, principalmente, pelo uso de dejetos líquidos de suínos em pastagens, que, geralmente, aceitam ciclos de adubação mais frequentes e dosagens mais altas que outros como as culturas de grãos.

Figura 17 - Média dos teores de fósforo (unidade) disponível no solo nas diferentes áreas e tipos de cultivo, nas camadas de 0-10 (A) e 10-20 cm (B)

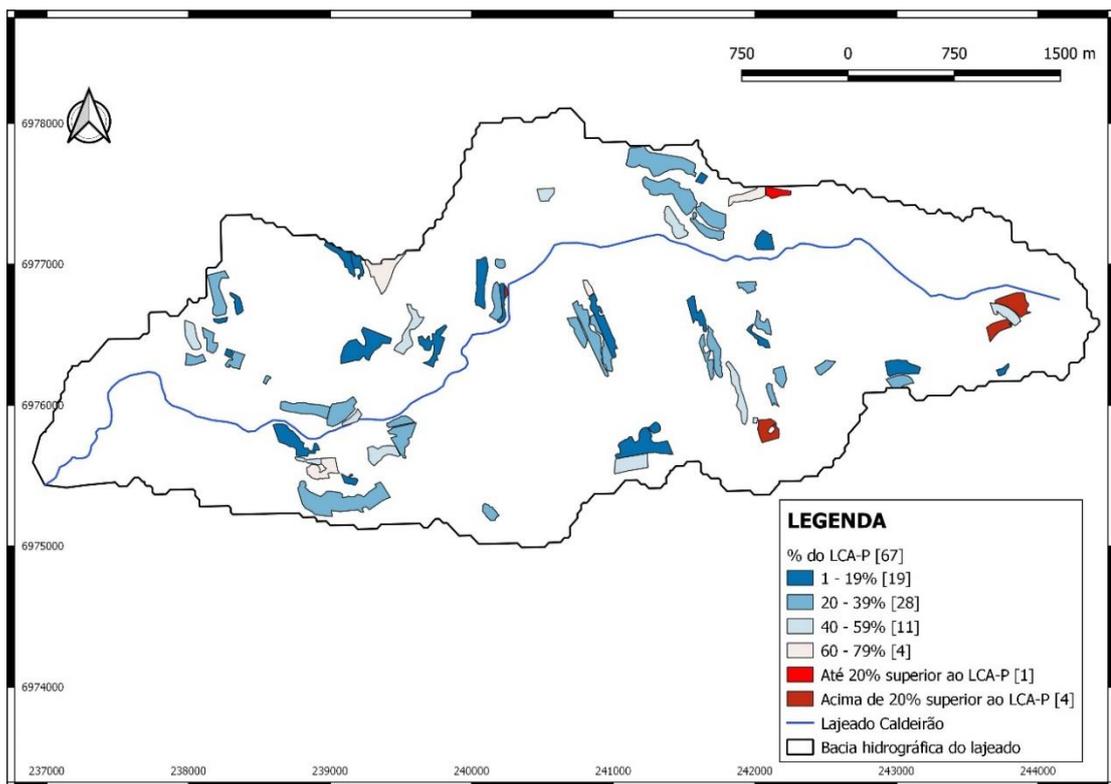


Fonte: Autor (2023).

4.4.2 Potencial contaminante do fósforo

Para avaliação dos níveis ambientais de fósforo na área do estudo foi calculado percentual das áreas com teor de fósforo relativo ao LCA-P, na camada de 0-10 cm, em que foi atribuído o valor de 100%. Observa-se na Figura 18, que a maioria dos talhões do estudo possuem teor de fósforo abaixo de 60% do LCA-P. Tais áreas possuem níveis seguros de aporte de adubação fosfatada. Já quatro talhões possuem percentual entre 60 e 80% do LCA-P, que merecem atenção para que não venham a exceder o limite e causar contaminação pelo excesso de fósforo no solo. Segundo Palhares (2019), é muito comum aplicações excessivas de DLS nos solos agrícolas, os quais ocasionam poluição ambiental, pela utilização indevida e falta de preceitos técnicos.

Figura 18 - Mapa de distribuição dos talhões do estudo conforme percentual de atingimento do Limite Crítico Ambiental de Fósforo na camada de 0 a 10 cm.



Fonte: O Autor

Em um estudo realizado por Da Fré (2015), no oeste do Paraná, apontou que de 500 talhões que recebem DLS como fertilizante orgânico, 0,2% superaram o LCA-P e 9,8% estão com teores muito alto de disponibilidade. Já Da Ros (2017) verificou que após 4 aplicações de águas residuárias de suínos com concentração de fósforo de 19,5 mg dm³, o solo apresentou

18,6% do LCA-P, podendo-se aplicar 17 repetições da mesma dose que não ultrapassaria tal limite. No presente estudo, verificou-se que 22,6% das áreas estão com nível muito alto de disponibilidade e que 7,3% das ADS tiveram valores acima de 20% do LCA-P. Ainda, a maioria das áreas estudadas possuem entre 5 a 20 anos de aplicação de dejetos suínos. Comparando as informações acima descritas, percebe-se o alto potencial contaminante que grande parte dos talhões da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão estão sujeitos, necessitando ações que visem a redução de tais níveis na área do estudo.

Com relação aos teores de fósforo no solo acima do LCA-P, foram encontrados cinco talhões (12II, SDIV, 12III, 3V e 9IV), que indica a necessidade de realização de manejo específico para a redução dos teores de fósforo no solo. Observou-se que estes ficaram entre 1,6 até 6,9 do teor muito alto, correspondente à sua classe de disponibilidade. O valor médio encontrado acima do LCA-P foi de 3,2 vezes.

Dos talhões que apresentaram valores de fósforo acima do LCA-P, um foi até 20% superior do LCA-P e quatro acima de 20% do LCA-P. Quando discrimina-se como as áreas de mata nativa (AMN) e as de cultivo com adubação com DLS e mineral (AAQ), observa-se que dos cinco talhões, quatro corresponde a adubação com dejetos de suínos (ADS) e um com adubação mineral (AAQ). Destaca-se que os talhões com LCA-P acima de 20% foram todos nas áreas de cultivo com uso de DLS. Comparando a proporção dos talhões com uso de dejetos de suínos, observa-se que 7,3% foram superiores em 20% do LCA-P. Isso indica um incremento significativo de fósforo no solo, pois os teores encontrados na área referencial (AMN) não excederam o teor médio de disponibilidade.

Outra informação obtida do estudo é que a maioria dos talhões que apresentaram teores acima do LCA-P são com cultivo de pastagens. Oliveira (2021) ao avaliar uma sub-bacia hidrográfica do município de Concórdia-SC, observou que cultivos de pastagens e lavouras alcançaram índices acima do limite crítico ambiental comparados à mata nativa e cultivos de erva-mate e eucalipto. Bassani (2017) relata que em uma área de aplicação de DLS com cultivo de pastagens, 65% dos pontos amostrados (13 pontos) apresentaram níveis acima de 20% do LCA-P. Tais resultados corroboram quanto à premissa que o cultivo de pastagens, por permitirem maior quantidade de aplicações de DLS e facilidade de aplicação, por vezes, maneja-se inadequadamente os dejetos acarretando no incremento de fósforo acima de seu limite ambiental.

Por fim, Pessoto (2018) verificou teores que excederam em 20% o LCA-P, em cultivo de pastagens com mais de 16 anos de uso de DLS. Alternativas como cessar adubação fosfatada, realizar o revolvimento do solo e/ou inserir cultivares como Jiggs que extraem maior quantidade

de fósforo comparado à cultivares de tifton (VENDRAMINI et al., 2010) são medidas para redução destes teores no solo.

4.5 CONCLUSÃO

As áreas agricultáveis analisadas tiveram em sua grande maioria, aumento dos teores naturais de fósforo, conforme verificado nas áreas de mata nativa (AMN).

Áreas que recebem adubação por dejetos líquidos de suínos (ADS) ou fertilizantes químicos (AAQ) possuíram alta a muita alta disponibilidade de fósforo, caracterizando áreas de relevante potencial agrônômico. Quanto a maioria das áreas de mata nativa (AMN), os teores foram entre baixa e média disponibilidade.

A distribuição de dejetos líquidos de suínos que mais aumentou os teores de fósforo no solo foi por meio de aplicação localizada, tendo como média de P disponível um valor 1,5 vezes maior que na distribuição por área total. Também, áreas de pastagens foram as que tiveram os maiores teores de fósforo no solo, comparadas aos outros cultivos.

Poucas ADS (4) e AAQ (1) apresentaram teores de P acima do LCA-P, porém grande maioria possuem altos a muito altos teores de disponibilidade (36 talhões) e ainda 15 talhões estão entre 40 a 80% do LCA-P.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSANI, D. L. **Um estudo de caso da aplicação da IN 11/FATMA 2014 em uma propriedade suinícola do Oeste Catarinense**. 2017. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2017.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102p. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BRAGA, G. N. M. **Fertilidade do solo e manejo do pasto para recuperar pastagens degradadas**. Na sala com Gismonti: Assuntos sobre Agronomia. 2013. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2013/05/fertilidade-do-solo-e-manejo-do-pasto.html#:~:text=Quando%20recuperar%20uma%20pastagem%20degradada,e%20aumento%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CHERUBIN, M. R. et al. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 196-210, 2011.

CORREA, J. C. et al. Aplicações de Dejetos de Suínos e as Propriedades do Solo. **Embrapa**, Circular Técnica 58, Concórdia, set. 2011.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

CUNHA, N. G. et al. Estudos de Solos do Município de Palmitinho, RS. **Embrapa**, Circular Técnica, v. 105, p. 1-28, 2010.

DA FRÉ, M. **Análise da situação ambiental de solos utilizados para distribuição de dejetos suínos na região meio-oeste catarinense**. 2015. 87p. Monografia (Especialização em Economia e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DA ROS, C. O. et al. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n.1, p. 35-44, jul. 2017.

EMBRAPA Suínos e Aves. **Potencial agrônômico dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 2019.

FAN, F. M. **Atividade prática orientada**: delimitação de bacias hidrográficas usando o QGIS. n. 06, p. 1–25, [s.d.].

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Instrução Normativa 11**: versão outubro/2014. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>. Acesso em: 02 dez. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. **Fepam**, p. 1–10, 2014.

GATIBONI, L. C. et al. Proposta de Limites Críticos Ambientais de Fósforo para Solos de Santa Catarina. **UDESC/CAV**, Lages-SC, Boletim técnico nº 2, 2014, 38 p. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/?id=340>. Acesso em: 02 dez. 2022.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010.

HEATHWAITE, L. et al. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management and watershed scales. **Journal Environmental Quality**. v.29, p. 10-15, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Organização do território**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MATHIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999.

OLIVEIRA, B. D. V. de. Uso da IN 11/FATMA 2014 em uma microbacia do oeste catarinense com intensa produção de dejetos suínos. 2021. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021.

PALHARES, J. C. P. Uso de dejetos animais como fertilizante: impactos ambientais e a experiência de Santa Catarina. **Produção Animal e Recursos Hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**, Brasília, p. 79-210, 2019.

PALMITINHO. **Sobre**. Disponível em: <https://palmitinho.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/66>. Acesso em: 03 set. 2019.

PENHA, H. G. V. **Impacto ambiental de elementos-traço em solos adubados com fertilizantes fosfatados e lodo de esgoto em longo prazo**. 99f. 2015. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2015.

PESSOTO, P. P. et al. Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob uso de dejetos de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 17, n.3, p. 408-416, 2018.

SCHERER, E. E. et al. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. **Agropecu. Catarinense**, n. 20, p.67-71, 2007.

SCHERER, E. E. et al. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p 1375-1383, 2010.

SMANHOTTO, A. **Aplicação de água residuária tratada de suinocultura em solo cultivado com soja.** 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

TEODORO, A. O. A. **Atributos químicos dos solos influenciados pelo uso contínuo de dejetos de suínos.** 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde, UniRV – Campus Rio Verde, 2015.

VENDRAMINI, J. M. B. et al. Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage. **The Professional Animal Scientist**, v. 2, n. 1, p. 193-200, 2010.

WEBER, E. et al. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação.** Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2004.

5 CAPÍTULO III: NÍVEIS DE DISPONIBILIDADE E DE CONTAMINAÇÃO DE COBRE E ZINCO NO SOLO COM USO CONTÍNUO DE DEJETOS SUÍNOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAJEADO CALDEIRÃO

5.1 RESUMO

Dentre os elementos presentes no solo, encontram-se o cobre e o zinco que, apesar de necessários, não podem estar em níveis elevados, visto o potencial tóxico às plantas e a potencialização do risco de contaminação hídrica. No caso das aplicações de dejetos líquidos suínos, estas tendem a elevar os teores disponíveis de cobre e zinco no solo. A partir disso, o presente artigo teve como objetivo quantificar os teores de cobre e zinco no solo e relacionar com as classes de disponibilidade para as plantas e aos Valores de Referência de Qualidade (VRQ) em áreas de cultivos de grãos e forrageiras com uso frequente de dejetos de suínos. Como método, além do detalhamento das unidades suinícolas, foi realizado teste experimental, com coleta de amostragem de solo, analisadas pelo Laboratório de Análise Química de Solo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen. Além disso, foi utilizado o método da USEPA (SW846-3050B) para quantificação. Os resultados demonstraram altos teores disponíveis de cobre e zinco nas áreas de referência e os usos dos dejetos como fertilizante orgânico, incrementou maior quantidade destes no solo. Ainda, concluiu-se que a região possuiu altos teores naturais de cobre e zinco, excedendo os valores de referência para qualidade do solo, porém, maior parte das glebas com uso de DLS na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão excederam esses valores. Dessa forma, o monitoramento frequente é fundamental para não ultrapassar os limites de cobre e zinco e interferir negativamente no meio ambiente e na saúde humana.

Palavras-chave: Dejetos líquidos de suínos. Cobre. Zinco.

5.2 INTRODUÇÃO

O cobre e o zinco estão presentes no solo em frações não trocáveis (baixa mobilidade), trocável e na solução do solo. As duas últimas são frações disponíveis no solo e em níveis elevados podem causar toxicidade as plantas, além de potencializar o risco de contaminação de corpos hídricos (CQFS, 2016).

O uso de dejetos líquidos de suínos (DLS) como adubação orgânica nas culturas pode elevar os teores disponíveis de cobre e zinco no solo (SCHERER, 1996). Isso se deve a excreção significativa desses elementos pelos animais associadas às altas concentrações presente nas rações. As concentrações médias de cobre e zinco nos DLS analisados de granjas da Região do Sudoeste Goiano correspondem a 12,5 e 9,2 g m⁻³, respectivamente (MENEZES et al., 2007).

Os sistemas de adubação das plantas com DLS influenciam significativamente a disponibilidade de cobre e a sua distribuição no perfil dos solos (KONZEN, 2000; MATTIAS, 2006; GIROTTTO, 2007). Segundo esses autores, os teores mais elevados de cobre disponível foram encontrados na camada superficial dos solos, diferindo significativamente dos solos sob mata nativa ou com adubação mineral.

Em um estudo realizado por Mattias (2006), avaliando duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina, após uso contínuo de DLS, constatou-se uma baixa relação entre o tempo de aplicação de dejetos de suínos e o aumento nos teores disponível do metal no solo.

Em outro estudo, com três tipos de solos (Latosolo, Cambissolo e Neossolo), Gräber et al. (2005) verificaram que as concentrações de cobre disponível se restringiram à camada superficial no Latossolo (0-5 cm), enquanto no Cambissolo e no Neossolo o efeito foi significativo até a camada de 10-20 cm. Essa diferenciação entre os solos quanto à mobilidade descendente do cobre no perfil pode estar relacionada às características dos solos, que interferem na disponibilidade e na mobilidade do elemento no perfil.

O cobre é um dos metais menos móveis no solo devido a sua forte adsorção aos coloides orgânicos e inorgânicos do solo. Na matéria orgânica, o cobre é retido, principalmente, pelos ácidos húmicos e fúlvicos, formando complexos estáveis (SILVA e MENDONÇA, 2007). Brunetto et al. (2014), ao analisarem e comparar o zinco e o cobre em solos de vinhedos, observaram que ambos, se acumulavam no solo, estando o cobre preferencialmente ligado à matéria orgânica e o zinco à fração mineral.

Moreira et al. (2005) destacam que as disponibilidades de cobre e zinco nas camadas superficiais do solo são relativamente baixas quando comparados à capacidade máxima de adsorção dos solos, que foi de 317 e 221 mg kg⁻¹ de cobre e de 137 e 325 mg kg⁻¹ de zinco, em Cambissolo e Latossolo, respectivamente.

Apesar dos incrementos de cobre e zinco disponíveis no solo, são baixos em comparação aos teores totais, que são considerados parâmetros de qualidade ambiental (CONAMA, 2009; FEPAM, 2014). Acrescenta-se que, com sucessivas aplicações de DLS, Girottto (2007) constatou que o cobre em comparação ao zinco, alcançou mais rapidamente os valores considerados críticos pela literatura.

No caso das rações de suínos, cobre e zinco são implementados com o intuito de prevenir doenças, além de melhorar a digestão e promover o crescimento. Todavia, não raras vezes, a suplementação desses metais excede as necessidades fisiológicas do animal, o que justifica a alta concentração de cobre e zinco nos dejetos de suínos. As aplicações sucessivas de dejetos causam acúmulos desses metais no solo, que são potencialmente poluidores quando em excesso (GIROTTO, 2007).

Sobre o tema, Shinozaki et al. (2015) destacam que o excesso de metais interfere negativamente na qualidade ambiental, causando a toxidez do solo e prejudicando o desenvolvimento das plantas, através de aumento na síntese de proteínas e enzimas, alterações no processo de fotossíntese, bem como danos na estrutura das raízes, reduzindo significativamente a capacidade de absorção de água e de outros nutrientes essenciais. Por isso, é importante observar a disponibilidade dos metais no solo e a sucessão de aplicações.

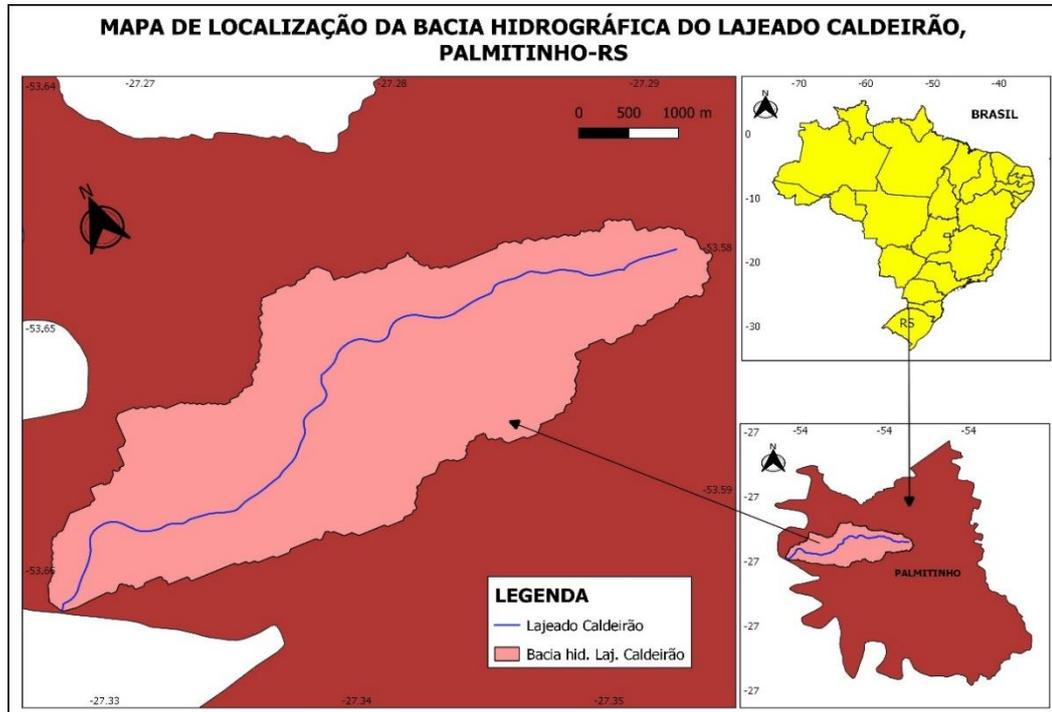
A partir disso, o objetivo deste estudo consistiu em quantificar os teores de cobre e zinco no solo e relacionar com as classes de disponibilidade para as plantas e aos Valores de Referência de Qualidade (VRQs) do solo em áreas de cultivos de grãos e forrageiras com uso frequente de dejetos de suínos.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 19), no período de março à agosto de 2020. O clima da região é subtropical muito úmido com inverno frio e verão quente, sendo que o substrato litológico é composto de basaltos da Formação Serra Geral (Fácies Paranapanema), com relevo ondulado e cotas de altitude variando de 198 a 513 m. As classes de solos mais expressivas desta bacia hidrográfica são Neossolos e Cambissolos (CUNHA et al., 2010).

A ocupação agrícola é desenvolvida em toda bacia, com menor densidade em áreas mais declivosas. As lavouras encontram-se principalmente nos vales, mas é possível encontrá-las também em áreas mais íngremes. Da vegetação, outrora de mata nativa composta pela formação floresta estacional decidual submontana, restam fragmentos preservados em áreas onde não foi possível a prática agrícola em função do relevo acidentado.

Figura 19 - Localização da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.



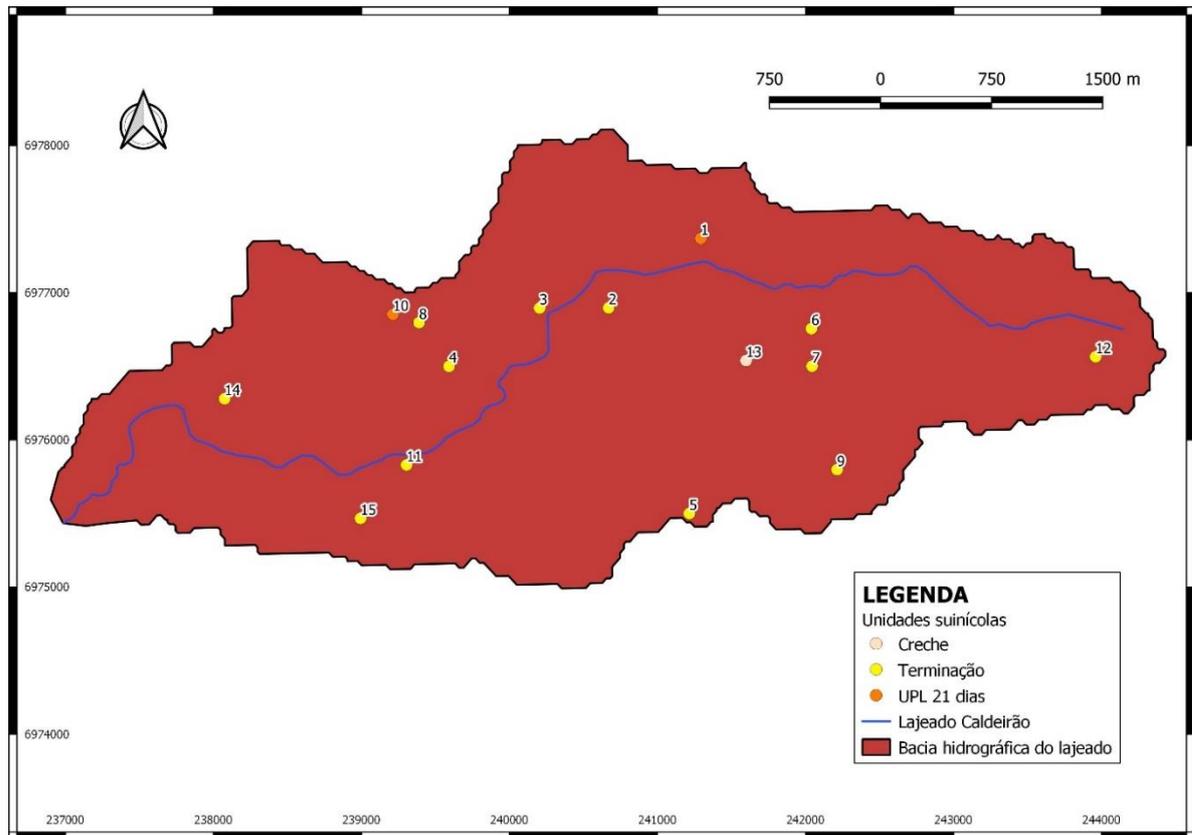
Fonte: Autor (2023).

A delimitação dos mapas foi realizado por meio do software QGIS versão 3.8 . O arquivo raster do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Rio Grande do Sul (WEBER et al., 2004) e o arquivo vetorial da malha municipal do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019) foram utilizados para delimitação da bacia hidrográfica. Recortado o MDE pelo vetor do município de Palmitinho, extraiu-se a área da bacia hidrográfica por meio da ferramenta *SAGA Fill skins (wang & liu)*, totalizando 1.352,8 ha. Após esse procedimento, converteu-se o raster em vetor para melhor utilização da feição.

O curso hídrico principal (Lajeado Caldeirão) delimitado com base nas carta do exército do município (HASENACK e WEBER, 2010) e da imagem de satélite do Google Satellite, aproximando-se com maior precisão do real posicionamento do curso hídrico.

A bacia hidrográfica possui 17 unidades de produção de suínos (PALMITINHO, 2019). Dessas, 15 unidades utilizam os dejetos líquidos para fertirrigação dentro da bacia hidrográfica (Figura 20). Nessas unidades, o rebanho de suínos é de 11.855 animais alojados, divididos em 13 unidades de terminação (8.640 animais), três unidades de produção de leitões (515 animais) e uma unidade creche (2.700 animais). Com base nos dados de geração de dejetos de suínos (FEPAM, 2014), estimou-se a produção de 31.093,5 m³ ano⁻¹ de dejetos líquidos.

Figura 20 - Localização das 15 áreas de uso de dejetos líquidos de suínos na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Autor (2023).

Em cada unidade de produção de suínos foi realizado um detalhamento por meio de um questionário, delimitando glebas em função da localização, forma de aplicação, quantidade e frequência de aplicação e tipo de cultivo foi realizado por meio de um questionário em cada unidade de produção de suínos (Apêndice A e Apêndice B).

Com base nessas informações as áreas foram subdivididas em até cinco glebas, localizadas na própria unidade de produção de suínos ou em áreas cedidas por terceiros. No total, foram selecionadas 55 glebas com aplicação de DLS proveniente de 15 unidades de produção de suínos, totalizando uma área de 94,1 ha. A caracterização das áreas encontra-se na Tabela 10. As glebas selecionadas foram delimitadas com o auxílio de imagens de satélite do Google Satellite, complemento carregado dentro do software QGIS versão 3.4.12, gerando polígonos georreferenciados no datum SIRGAS 2000, zona 22S, em coordenadas planas.

Tabela 10 Caracterização geral dos glebas com aplicação de dejetos de suínos na da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.

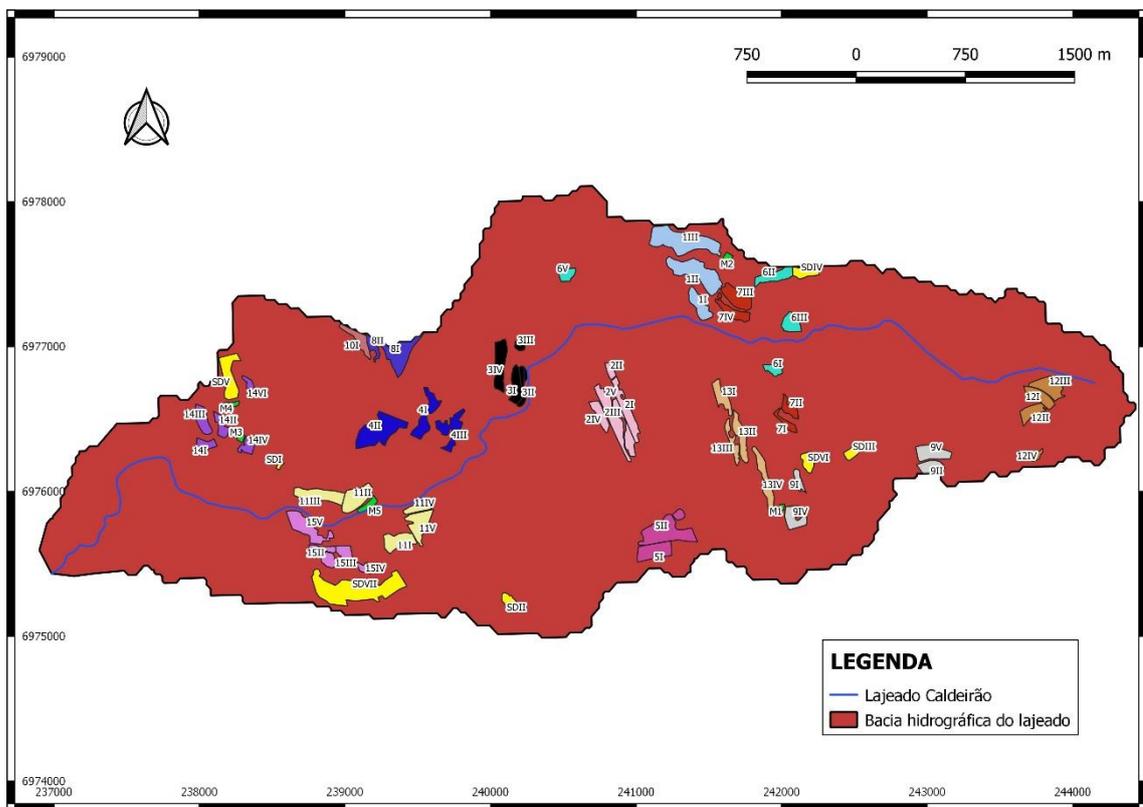
Caracterização	Área e talhão
Tempo de uso de dejetos líquidos de suíno	
1 ano	9I; 9II; 14VI
2 anos	2II; 14III
3 anos	5II; 9V
4 anos	9IV; 14IV
6 anos	6V; 7III; 7IV
7 anos	6II; 11II; 11III; 11IV; 11V; 12IV; 15II; 15III; 15IV
8 anos	4I; 4II; 4III; 6III; 8II
10 anos	1I; 1II; 1III; 2IV; 13IV
12 anos	12I; 12II; 12III
14 anos	5I
15 anos	6I; 8I; 14I; 14II
16 anos	2I; 2III; 2V
19 anos	7I; 7II
20 anos	15V
22 anos	10I
23 anos	3I; 3II; 3III; 3IV; 3V
24 anos	11I
27 anos	13I; 13II; 13III
Forma de distribuição dos dejetos	
Área total	13II, 3I, 14II, 6III, 4II, 11III, 11II, 7IV, 5II, 14III, 14VI, 2II, 15II, 13III, 13I, 11I, 3III, 10I, 15V, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 11V, 11IV, 14IV, 2V, 2I, 15IV, 15III, 3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 9V, 9II
Aplicação localizada	7II, 6I, 6II, 7III, 3V, 3II, 7I, 12IV, 9IV, 9I, 6V
Tipos de cultivos	
Pastagem	15II, 13III, 13I, 11I, 3V, 3III, 3II, 10I, 15V, 7I, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 12IV, 11V, 11IV, 14IV, 9IV, 9I, 2V, 2I, 15IV, 15III
Grãos	3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 6V, 9V, 9II
Pastagem e grãos	13II, 3I, 7II, 14II, 6I, 6II, 4II, 11III, 11II, 6II, 7IV, 7III, 5II, 14III, 14VI, 2II
Manejo do solo	
Com mobilização	2II, 2V, 2I, 15IV, 15III
Sem mobilização	15II, 13II, 3I, 14II, 6III, 4II, 11III, 11II, 7IV, 5II, 14III, 14VI, 13III, 13I, 11I, 3III, 10I, 15V, 2III, 14I, 8I, 5I, 12III, 12II, 12I, 8II, 4III, 4I, 11V, 11IV, 14IV, 3IV, 13IV, 2IV, 1III, 1II, 1I, 9V, 9II, 7II, 6I, 6II, 7III, 3V, 3II, 7I, 12IV, 9IV, 9I, 6V

Fonte: O Autor

A amostragem do solo foi realizada por gleba, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em seis pontos aleatórios, compondo uma amostra composta por camada. As amostragens foram realizadas com pá-de-corte, conforme a recomendação da CQFS-RS/SC (2016). Além das 55 glebas com aplicação de dejetos de suínos (94,1 ha), foram coletadas amostras em sete glebas que receberam somente adubação mineral (14,1 ha) e cinco áreas de mata nativa (1,6 ha). No total, foram coletadas 190 amostras compostas na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão.

A identificação das Áreas com Uso de Dejetos Suínos (ADS) foi com algarismos arábicos (1,2,3,...15) e os talhões de cada área em algarismos romanos (I, II, III, IV e V). Na Figura 21 também estão identificados sete talhões sem uso de dejetos de suínos (SD) e cinco talhões com Áreas de Mata Nativa (AMN) identificados nos mapas com a inicial (M). Os talhões SD correspondem as Áreas com Adubação Química (AAQ), de cultivo com uso exclusivo de adubação mineral.

Figura 21 - Identificação dos talhões com aplicação de dejetos de suínos como fertilizante (algarismo arábico corresponde a área e o algarismo romano o talhão), sem aplicação de dejetos (SD) e mata nativa (M) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, município de Palmitinho, Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: O Autor

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Química de Solo da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen. Os teores de cobre e zinco disponíveis foram extraídos por meio da solução Mehlich-1 e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009). Os teores pseudo-totais de cobre e zinco foram extraídos por meio de digestão nítrica e a quantificação por espectrofotometria de absorção atômica, conforme método da USEPA (SW846-3050B), descrito em Silva (2009).

Os teores disponíveis de cobre e zinco foram comparados com a classe de disponibilidade do solo (baixa, média e alta) delimitada pela CQFS (2016) e calculados os

percentuais de glebas em cada classe de disponibilidade. Os teores disponíveis nas áreas de uso de DLS foram comparados com as áreas de referência (mata nativa).

Os teores pseudo-totais de cobre e zinco no solo foram comparados com os valores de orientação de qualidade do solo (VRQ: valor de referência de qualidade; VP: valor de prevenção e VI: valor de investigação), conforme as normativas da Portaria nº 85 de 2014 da FEPAM (2014) e da Resolução nº 420 de 2009 do Conama (2009). Com base na concentração do metal encontrado no solo foi delimitado o percentual de glebas conforme os valores orientadores de qualidade do solo. Foram usados os valores referentes à província geomorfológica/geológica da bacia hidrográfica (Rochas vulcânicas do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Disponibilidade de cobre e zinco no solo

Os níveis de disponibilidade de cobre e zinco nas áreas de referência (AMN) da Bacia Hidrográfica do Lajeado Caldeirão do município de Palmitinho, RS, na camada de 0-10 cm, foram classificados como altos. A CQFS (2016) classifica os teores desses metais no solo em três níveis de disponibilidade (baixo, médio e alto). Acima de 0,4 e 0,5 mg dm⁻³ são classificados com nível alto de cobre e zinco no solo, respectivamente. O nível alto representa teores adequados dos micronutrientes no solo para suprir a necessidade nutricional das plantas.

Os teores médios de cobre e zinco disponíveis solo na área de mata nativa, na camada de 0-10 cm, foram de 3,0 e 6,2 mg dm⁻³, respectivamente. Esses valores indicam que os solos da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão apresentam naturalmente altos teores desses micronutrientes no solo, com valores superiores em 7,5 e 12,4 vezes, respectivamente, aos limites da classe alta de cobre e zinco, delimitadas pela CQFS (2016).

Segundo CPRM (2006), o elemento cobre metálico, na Formação Serra Geral, Fácies Paranapanema, pode ser de origem natural do meio geológico e seu intemperismo liberar o cobre para os solos. Dessa forma, os valores acima dos teores altos de disponibilidade e ainda acima dos VRQs pela legislação vigente, podem não estar relacionados com a utilização de dejetos ou adubação química aplicados nas áreas, mas sim de condições naturais do solo.

Corroborando, conforme Souza et al. (2018), os metais pesados podem ser inseridos no meio ambiente por meio de diferentes fontes, como naturais, industriais, agrícolas, domésticas, dentre outras. Além disso, a composição e a concentração desses metais pesados irão depender

do tipo de rocha existente e das condições ambientais, sendo que é comum que os materiais vegetais geológicos, como as rochas ígneas tenham elevadas concentrações de cobre e zinco.

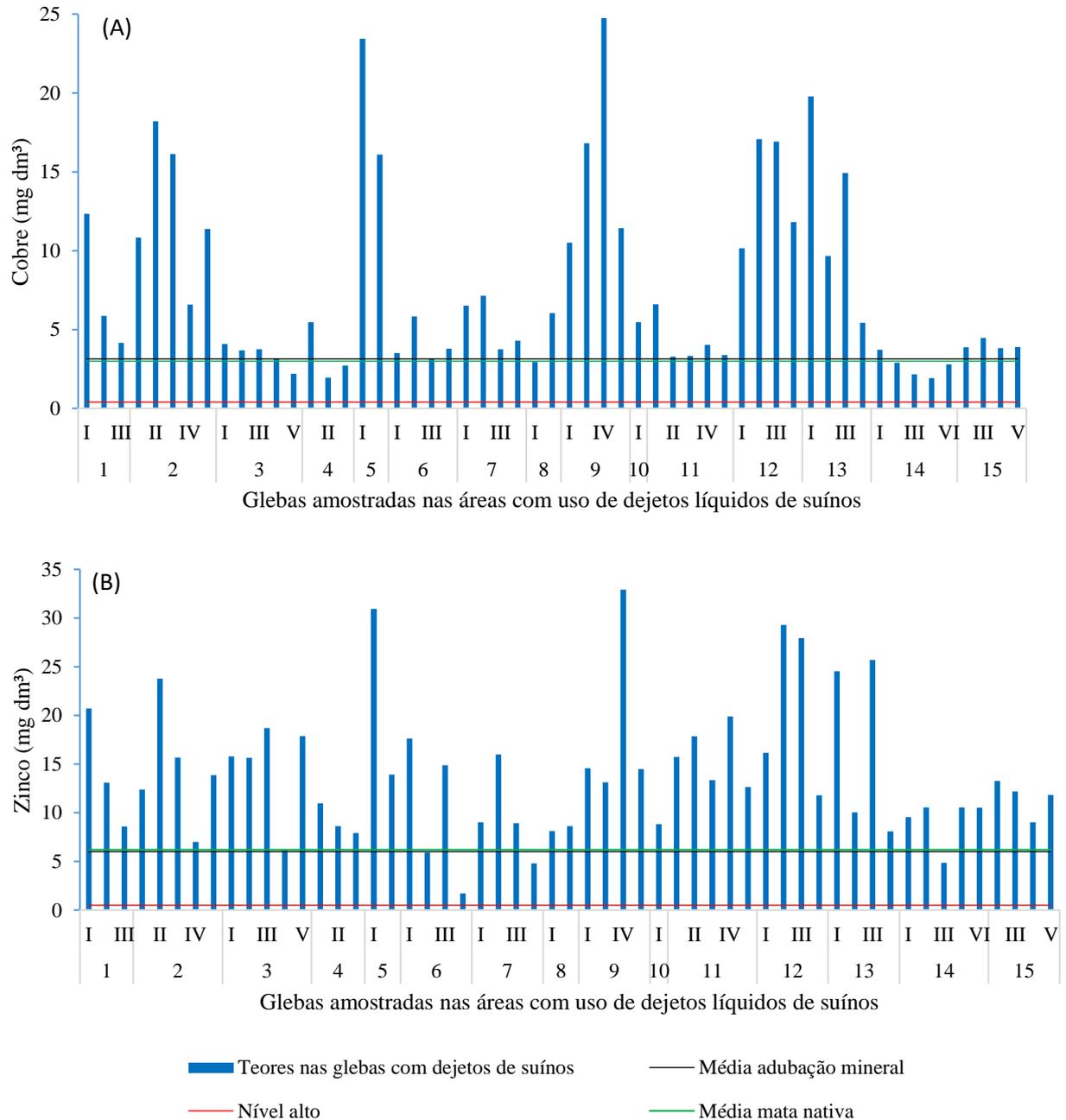
Neste estudo, evidencia-se que os teores de cobre e zinco disponíveis em todas as glebas de uso de DLS, na camada de 0-10 cm, foram classificados como alto. Os valores de cobre variaram entre 1,9 e 24,9 mg dm⁻³ e zinco entre 1,7 e 32,9 mg dm⁻³ (Figura 22), que representam, respectivamente, até 62 e 66 vezes superior ao limite alto dos metais no solo.

Comparando as médias dos teores disponíveis de cobre e zinco nas áreas de mata nativa (AMN) com os valores obtidos em cada gleba com uso de dejetos de suínos (ADS), observa-se incremento desses micronutrientes na maior parte das glebas. O aumento de cobre e zinco disponível comparados aos valores médios nas áreas de mata nativa (AMN), na camada de 0-10 cm, alcançaram até 8,3 vezes para cobre e 5,3 vezes para zinco.

Valores altos encontrados em áreas com aplicação de DLS também são verificados por Conti (2014), sendo que, na camada 0-5 cm após 21 aplicações de dejetos, com doses de DLS de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹, incrementaram concentrações de cobre e zinco significativas tanto da fração disponível quanto total, no solo do estudo. Ainda, constatou que na camada de 0-5 cm, houve incremento de 2,3; 3,8 e 9,3 vezes nos teores pseudo-totais de cobre e para os teores pseudo-totais de Zn foram observados incrementos de 1,2; 2,5 e 4,5 vezes em relação ao solo sem adição de dejetos.

De acordo com Silva e Mendonça (2007), dentre os vários metais pesados existentes, o cobre é um dos que menos apresenta mobilidade, sendo que, ao existir em matéria orgânica, ele é retido principalmente pelos ácidos húmicos e fúlvicos, o que permite a formação de complexos estáveis.

Figura 22 - Níveis de disponibilidade de cobre (A) e zinco (B) na camada de 0-10 cm do solo em ADS da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS. As linhas horizontais indicam os teores médios das áreas de mata nativa, das áreas de cultivo com adubação mineral e o nível alto delimitado pela CQFS

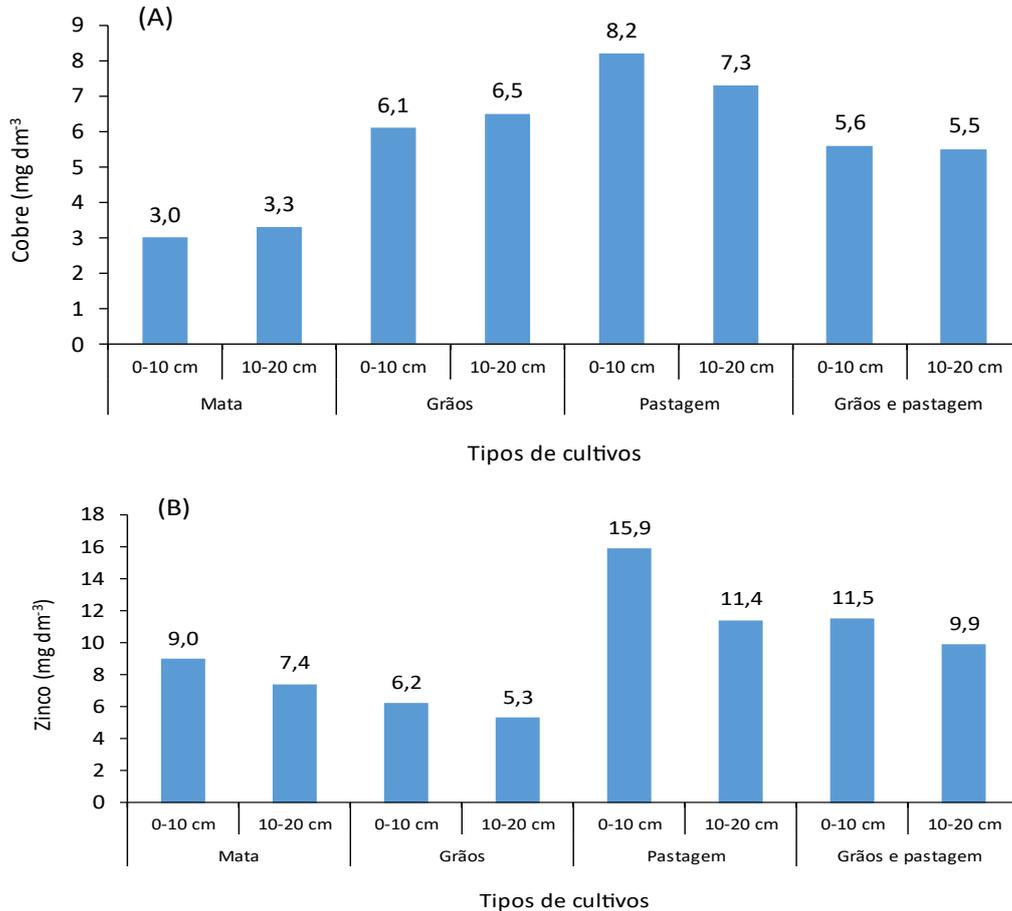


Fonte: Autor (2023).

Os maiores teores disponíveis de cobre e zinco no solo nas áreas com uso de DLS foram encontrados nas glebas com o cultivo de pastagem (5I; 9IV; 12II; 12III; 13I e 13III) em comparação às áreas de grãos (Figura 22). Os teores médios de cobre das glebas, na camada de 0-10 cm, foram de $6,1 \text{ mg dm}^{-3}$ na área de cultivo de grãos e $8,7 \text{ mg dm}^{-3}$ no cultivo de pastagem

(Figura 23). Os teores médios de zinco, foram 9,0 e 15,9 mg dm⁻³, respectivamente nas mesmas áreas.

Figura 23 – Teores médios de cobre (A) e zinco (B) disponível nas áreas com uso de dejetos líquidos de suínos (ADS) em relação aos tipos de cultivos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.



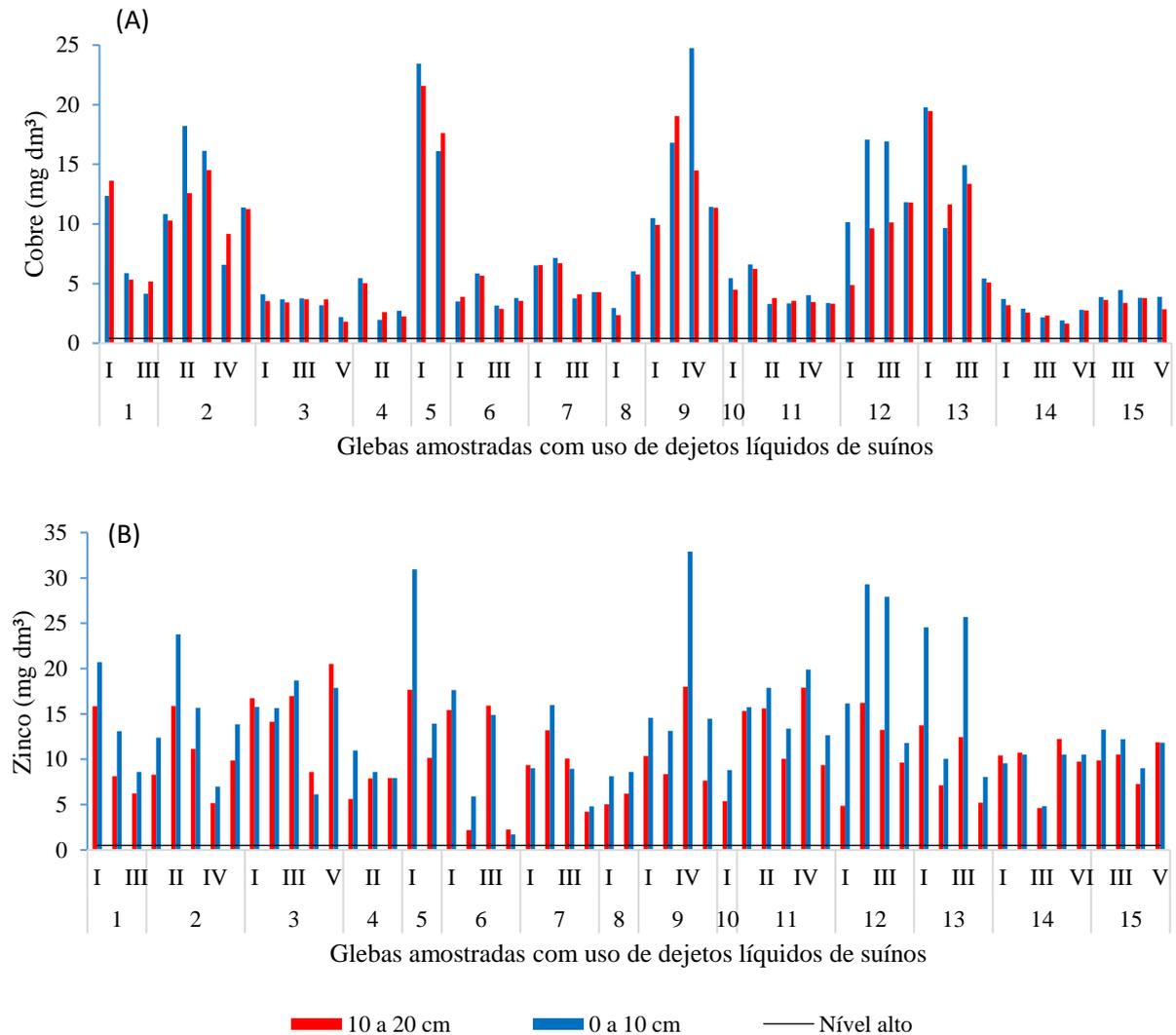
Fonte: Autor (2023).

A estratificação do perfil do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm mostrou diferença nos teores disponíveis de cobre e de zinco (Figura 24). As diferenças entre as camadas foram mais pronunciadas nas glebas com teores mais elevados dos elementos no solo, destacando o zinco com maior amplitude de variação. O cobre e o zinco são metais que possuem alta adsorção aos coloides orgânicos e inorgânicos do solo, formando complexos estáveis (SILVA e MENDONÇA, 2007; BRUNETTO et al., 2014). Provavelmente, a aplicação superficial dos DLS sem incorporação no solo e a baixa mobilidade desses metais no perfil do solo resultou em maior acumulação na camada superficial do solo.

Em um estudo, Conti (2014) verificou que os incrementos nos teores pseudo-totais totais em camadas mais profundas para o Zn em relação ao Cu, provavelmente ocorreram pela maior

quantidade de Zn em relação a Cu adicionada via dejetos líquidos de suínos, somado a maior afinidade de adsorção do Cu a compostos orgânicos em relação ao Zn, que apresenta maior afinidade a fração mineral.

Figura 24 - Níveis de disponibilidade de cobre (A) e zinco (B) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo em áreas com uso de dejetos de suínos (ADS) da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS. A linha horizontal indica o nível alto delimitado pela CQFS.



Fonte: Autor (2023).

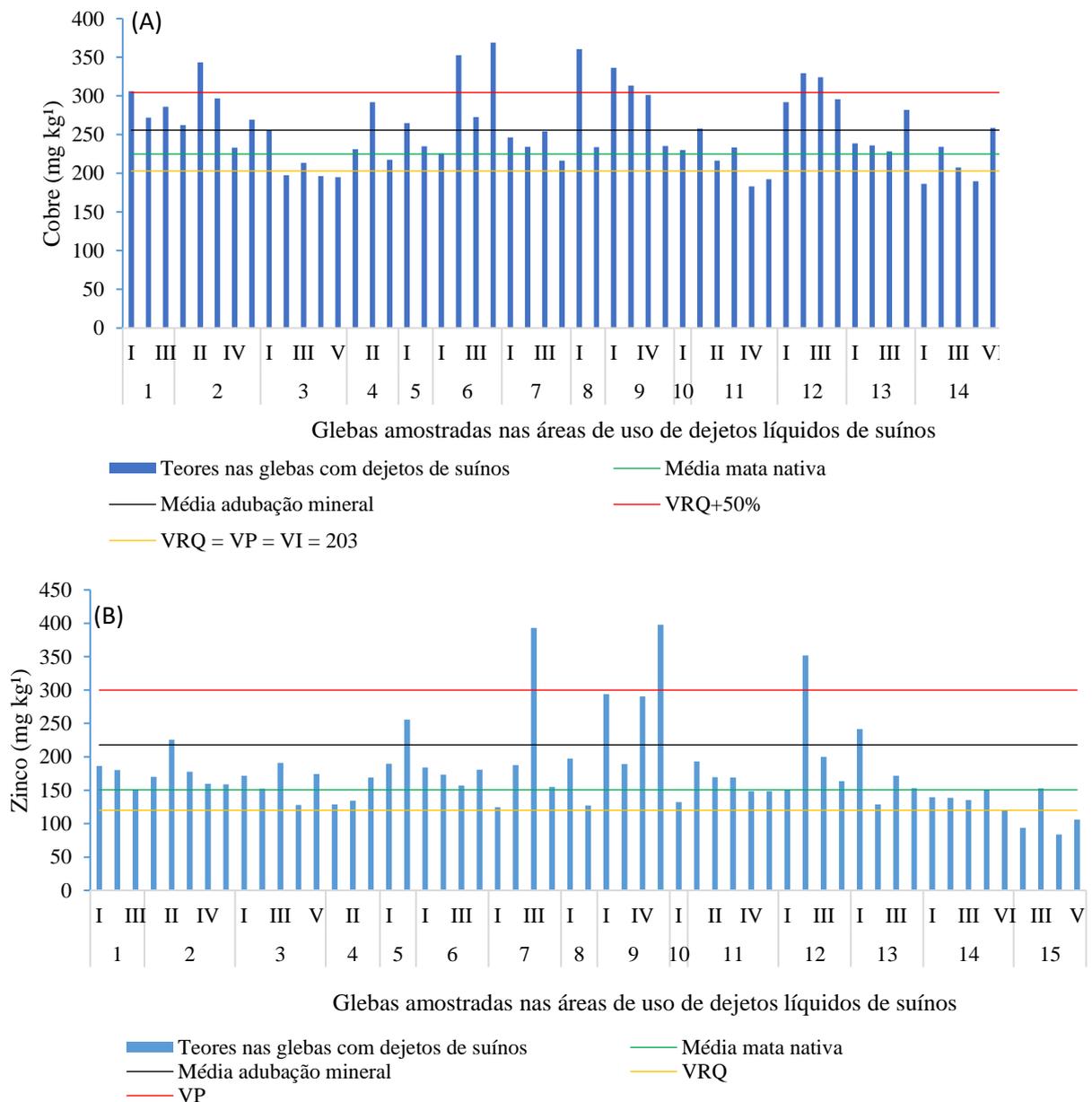
5.4.2 Valores orientadores de qualidade do solo para cobre e zinco

Os resultados dos teores pseudo-totais de cobre e zinco na camada de 0 – 20 cm nos solos das 55 glebas de cultivos com uso de DLS da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão (ADS) indicaram que, respectivamente, 7 e 4 não excederam o Valores de Referência de Qualidade (VRQ) delimitados pela Portaria n^o 85 da Fepam (2014) em 203 e 120 mg kg⁻¹ de

cobre e zinco, respectivamente. Esses valores definem a qualidade natural dos solos do Planalto do Rio Grande do Sul originados de rochas vulcânicas (basálticas).

As glebas que não ultrapassaram o VRQ para o cobre foram a II, IV e V da área 3; IV e V da área 11 e I e IV da área 14, com valores entre 183,0 e 197,6 mg kg⁻¹ (Figura 25A). Para o zinco, os teores abaixo do VRQ foi na gleba VI da área 14 e nas glebas II, IV e V da área 15, com valores entre 83,6 e 119,5 mg kg⁻¹ (Figura 25B).

Figura 25 - Variação dos teores pseudo-totais de cobre (A) e zinco (B) no solo na camada de 0-20 cm nas áreas de adubação com dejetos de suínos na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão de Palmitinho, RS. As linhas horizontais indicam as médias da área com adubação mineral e mata nativa e os valores de orientação de qualidade do solo (VRQ e VP).



Fonte: Autor (2023).

Observa-se que a maior parte das glebas com uso de DLS na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão excederam o VRQ de cobre e zinco no solo (Figura 25). Em valores relativos, correspondem, respectivamente, 87 e 93% das glebas (Tabela 11).

Tabela 11 Teores médios pseudo-totais de zinco e cobre no solo e os percentuais de glebas com uso de dejetos de suínos com valores acima da média da mata nativa, da adubação mineral e dos valores orientadores de qualidade do solo.

Áreas	Teores (mg kg ⁻¹)		Percentual de glebas com uso de DLS (%)	
	Cobre	Zinco	Cobre	Zinco
Mata nativa	224,9	150,6	73	67
Adubação mineral	255,8	217,9	44	15
Valores orientadores				
VRQ*	203	120	87	93
VP	203	300	87	05
VI	203	450	87	00
VRQ+50%	304	---	16	---

Fonte: Autor (2023).

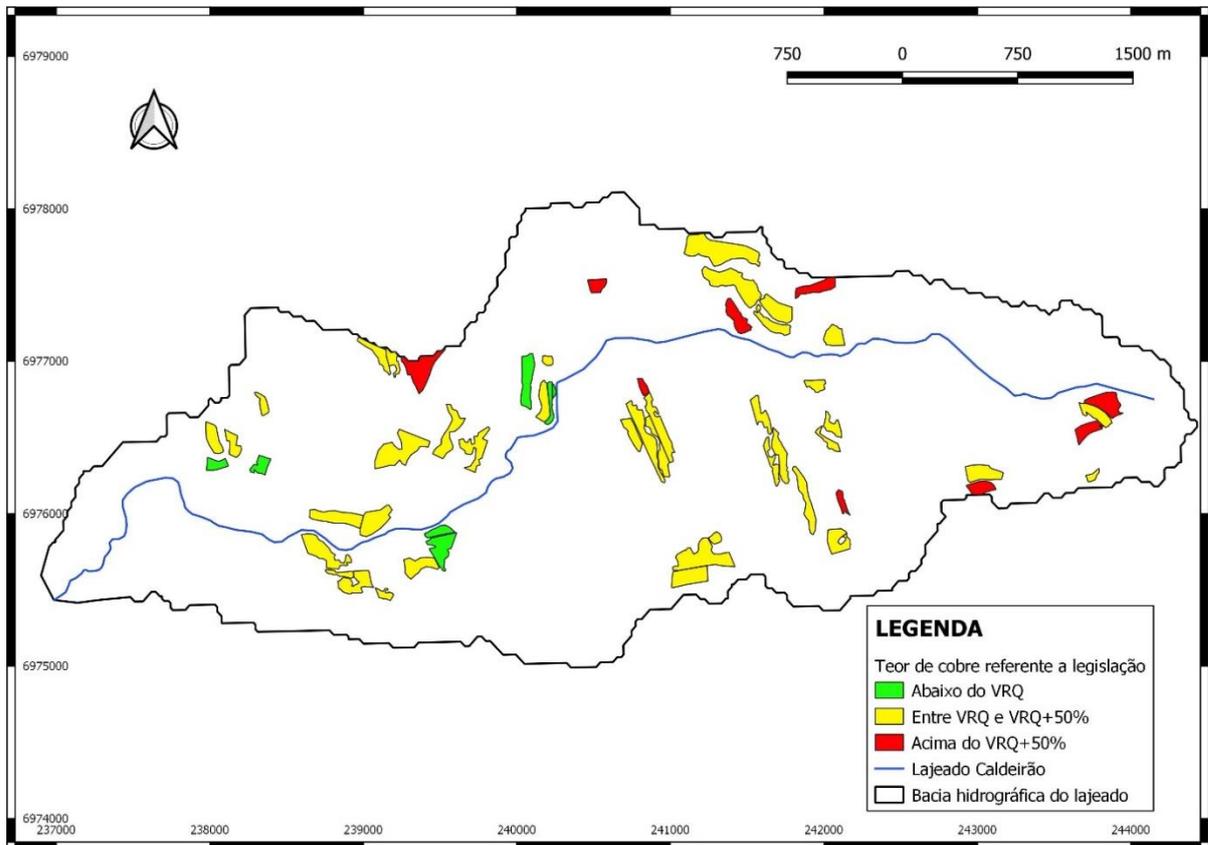
No entanto, é necessário avaliar se os níveis pseudo-totais dos metais no solo dessas glebas comprometem a qualidade do solo. Para isso, é necessário delimitar quanto pode exceder o VRQ sem comprometer as funções principais do solo, como meio para a produção de alimentos, de proteção de águas superficiais e subterrâneas e de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos. Esse limite é denominado como Valor de Proteção (VP). Acima desse valor, já existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, que é delimitado pelo Valor de Intervenção (VI).

A portaria da Fepam (2014) estabelece mesmo limite de cobre para o VRQ, VP e VI (203 mg kg⁻¹). Porém, ressalta que os valores de VP e VI são provisórios. Assim, deve analisar com ressalvas os valores que ultrapassam o VRQ, para não impedir de produzir alimentos nestas áreas e muito menos de considerar com risco à saúde humana. Dessa forma, foi delimitado no presente estudo um incremento de cobre em 50% no VRQ (VRQ+50%).

Com base nesse valor, nove glebas ultrapassam o limite estabelecido (1I; 2II; 6II; 6V; 8I; 9I; 9II; 12II e 12III), que corresponde 16% do total amostrado. Os altos valores do metal nessas glebas (306,1 a 368,8 mg kg⁻¹) indicam maior cuidado no manejo dos dejetos de suínos e orientação em diminuir as doses e a frequência de aplicação.

A Figura 26 indica a localização das glebas com uso de DLS na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão com os teores orientadores de qualidade do solo para o cobre.

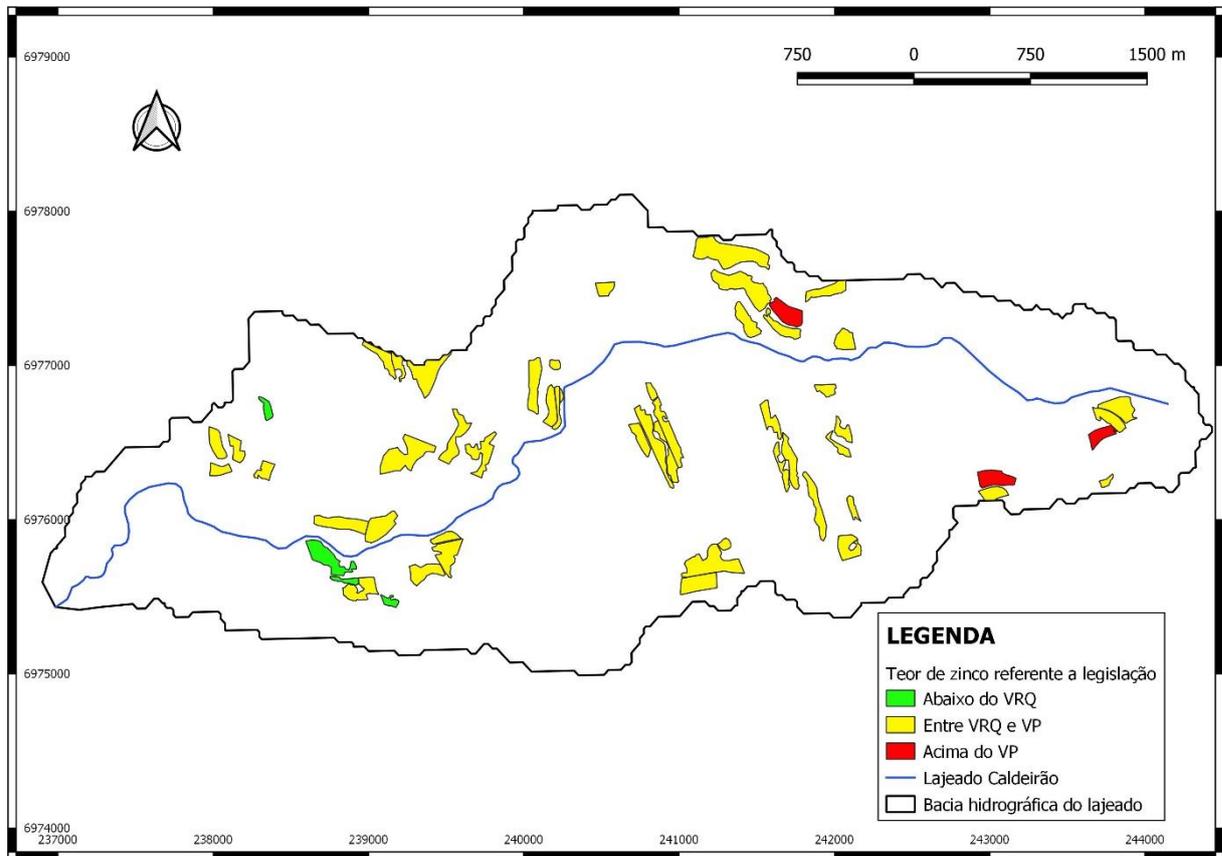
Figura 26 - Localização das glebas com uso de dejetos de suínos (ADS) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS, com teores pseudo-totais de cobre na camada de 0 – 20 cm comparados aos valores orientadores de qualidade do solo (VRQ: valor de referência de qualidade e VRQ+50%).



Fonte: Autor (2023).

Diferentemente do cobre, a Fepam (2014), respaldada pela Resolução nº 420 do Conama (2009), delimita os VP e VI de zinco em 300 e 450 mg kg⁻¹, respectivamente. Das 55 glebas com uso de DLS, somente três glebas (5%) ultrapassaram o VP: gleba III da área 7; gleba V da área 9 e gleba II da área 12. Com relação ao valor de investigação (VI) nenhuma gleba excedeu esse limite de 450 mg kg⁻¹. A Figura 27 indica a localização das glebas com uso de DLS na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão com os valores orientadores de qualidade do solo para o zinco.

Figura 27 - Localização das glebas com uso de dejetos de suínos (ADS) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão, Palmitinho, RS, com teores pseudo-totais de zinco na camada de 0 – 20 cm comparados aos valores orientadores de qualidade do solo (valor de referência de qualidade (VRQ) e valor de prevenção (VP)).



Fonte: Autor (2023).

Os maiores teores pseudo-totais de cobre e de zinco no solo não estão relacionados às áreas de maior tempo de uso de DLS. Na bacia hidrográfica foram coletadas glebas de um ano até 27 anos de aplicação de dejetos. Provavelmente, a frequência de aplicação teve maior interferência na quantidade aplicada anualmente do que o tempo de uso dessas áreas com dejetos de suínos.

Destaca-se que os teores pseudo-totais médios de cobre e zinco das cinco áreas da mata nativa (sem interferência antrópica) foram de 224,9 e 150,6 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 11). Esses valores são, respectivamente, superiores em 1,1 e 1,3 vezes aos VRQ. Provavelmente, o material de origem dos solos da Bacia do Lajeado do Caldeirão condicionou maiores quantidades desses metais em comparação com os valores delimitados na Portaria da Fepam. Diferenciação geológica das rochas vulcânicas e das condições edafoclimáticas de formação dos solos no Planalto do estado do Rio Grande do Sul pode influenciar nos valores de referência de qualidade do solo.

Em solos categorizados como classe 1 e 2, não há necessidade de ação preventiva. Já em solos de classe 3, há uma necessidade de monitoramento e diagnose do solo para uma possível detecção e controle da(s) fonte(s) de poluição. Em solos de classe 4, todavia, já existe uma necessidade de se adotar medidas emergenciais para o gerenciamento e remediação da(s) fonte(s) de poluição (MOREIRA et al., 2005).

5.5 CONCLUSÃO

Nas áreas de referência (AMN), cobre e zinco disponível possuíram naturalmente níveis de alta disponibilidade, enquanto que nas ADS, houve um aumento de até 8,3 vezes para o cobre e 5,3 vezes para o zinco.

Em áreas com uso de dejetos (ADS), os teores de cobre e zinco foram, respectivamente, 62 e 66 vezes superiores aos níveis altos de disponibilidade no solo. Áreas com cultivo de pastagens apresentaram os maiores teores disponíveis destes elementos.

A região possui naturalmente altos teores de cobre e zinco, os quais excedem os VRQs de solos e nas glebas de ADS, estes são excedidos em 87% e 93% das áreas, respectivamente. Ainda, 16% das ADS possuem acima de 50% dos VRQs para cobre e 5% estão dentro dos VP para zinco. Visto isso, há necessidade de análise mais criteriosa dos VRQs estabelecidos pela legislação, pois, devido serem menores que os teores naturais encontrados nas AMN, podem interferir no uso do solo das áreas da bacia, levando a restrição de algumas atividades.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTO, G et al. Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio Oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p805-810>. Acesso em: 03 mar. 2022.

CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

CONTI, L. de. **Teores no Solo e Espécies Químicas na Solução de P, Cu e Zn com adições sucessivas de dejetos líquidos de Suínos**. 2014. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000**. CPRM: Brasília, 2006.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

CUNHA, N. G. et al. Estudos de Solos do Município de Palmitinho, RS. **Embrapa**, Circular Técnica, v. 105, p. 1-28, 2010.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. **Fepam**, p. 1–10, 2014.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. 2007. 121 f. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Danish J. Geogr.**, n. 105, p. 15-22, 2005.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Organização do território**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 02 dez. 2022.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MENEZES, J. F. S. et al. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. 2007. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MOREIRA, I. C. L. et al. Adsorção de cobre, zinco e manganês em solos sob aplicação de dejetos suínos em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Recife, 2005. **Anais**. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

PALMITINHO. **Sobre**. Disponível em: <https://palmitinho.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/66>. Acesso em: 03 set. 2019.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996.

SHINOZAKI, K. et al. (Eds.). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. p. 1051-1100.

SILVA, Fabio Cesar da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al., (Eds) Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG. n. 1, p. 275-374, 2007.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, dez. 2018.

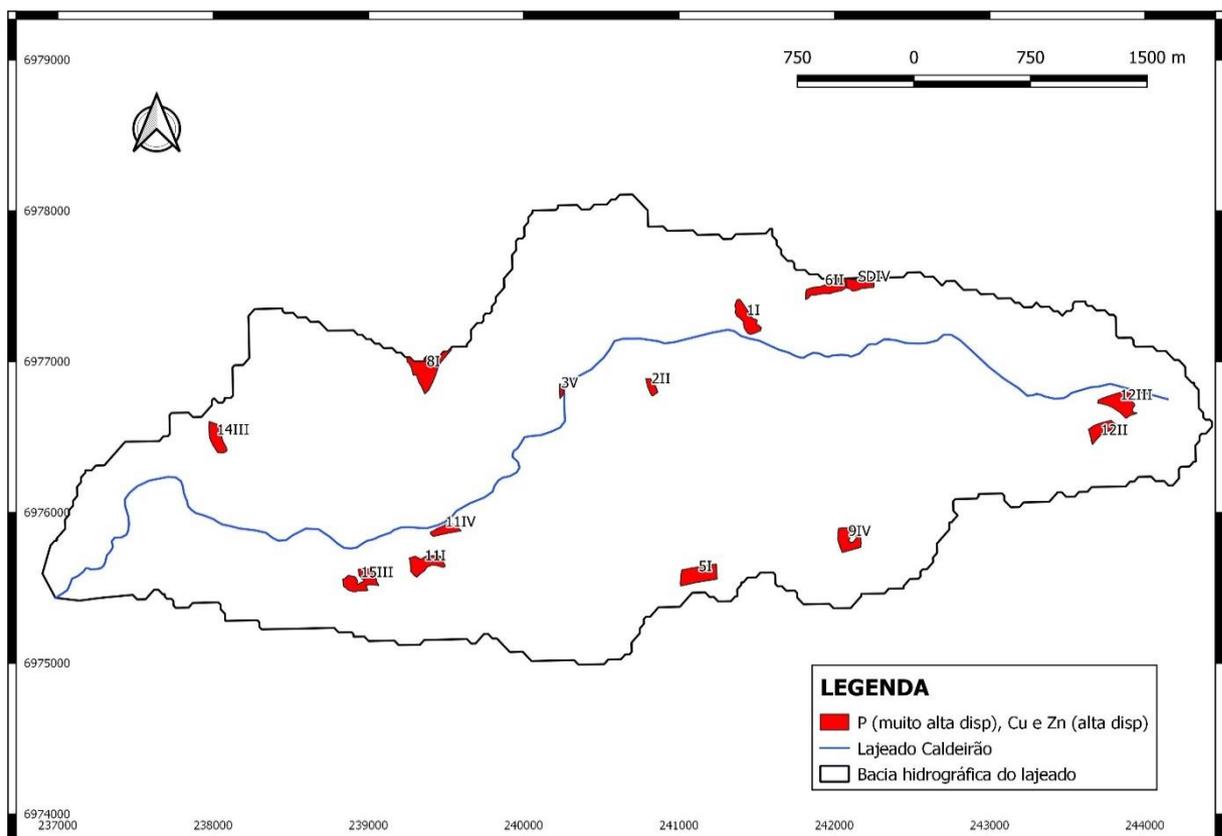
WEBER, E. et al. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2004.

6 DISCUSSÃO GERAL

6.1 POTENCIAL AGRONÔMICO DAS ÁREAS

Para avaliação do potencial agronômico das glebas foi analisado os 3 tipos de áreas do estudo (ADS, AAQ, AMN) e filtrando os talhões que possuíram teores de disponibilidade muito alto para fósforo e teores altos para cobre e zinco, obteve-se o mapa da Figura 28. Estas glebas apresentam características de áreas bem adubadas onde, devido as altas concentrações de fósforo no solo, sugere-se que, para uso agrícola, seja realizado adubação de reposição, repondo somente a quantidade de nutrientes extraídos pela planta, sem comprometer a disponibilidade adequada de nutrientes no solo. Ainda, há de se observar os níveis de cobre e zinco disponíveis que em excesso podem vir a causar fitotoxicidade às culturas.

Figura 28 - Mapa das glebas com muito alta disponibilidade de fósforo e alta disponibilidade para cobre e zinco da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão- Palmitinho-RS.

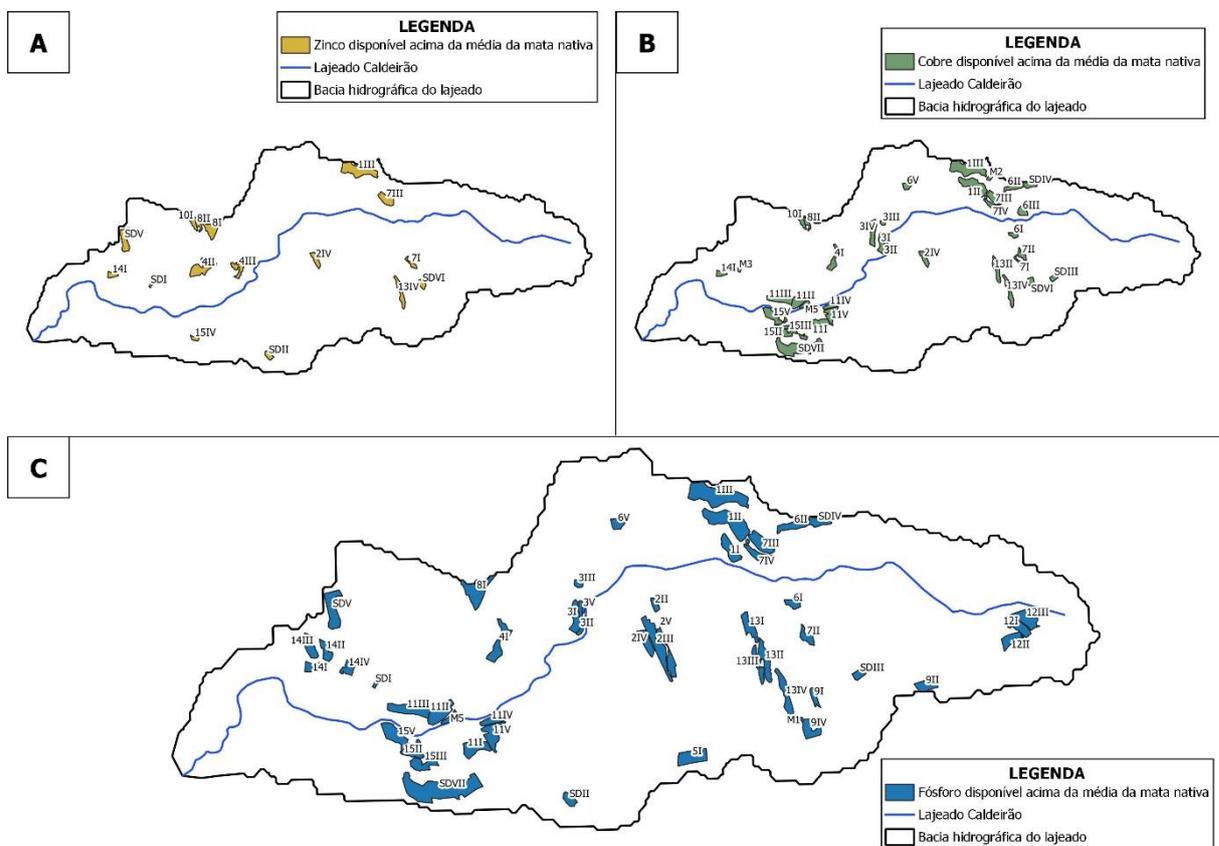


Fonte: Autor (2023).

Quanto aos potenciais agronômicos dos talhões do estudo, visualiza-se na Figura 29 as áreas que apresentaram teores disponíveis de cobre, zinco e fósforo acima da média da mata

nativa (AMN). Estas áreas tiveram incremento destes nutrientes e sugerem boa fertilidade do solo. As áreas que não constam no mapa apresentaram teores abaixo da média das áreas de referência, o que sugere a extração maior dos nutrientes do solo, sem sua reposição via fertilizantes, deixando o solo pobre e pouco fértil. Ainda assim, destas áreas, algumas encontram-se com altos teores de nutrientes que também podem causar toxidez às plantas e contaminação ambiental, conforme apresentado na Figura 30.

Figura 29 - Mapas dos teores disponíveis de zinco (A), cobre (B) e fósforo (C) que apresentaram concentrações acima da média da mata nativa (AMN)



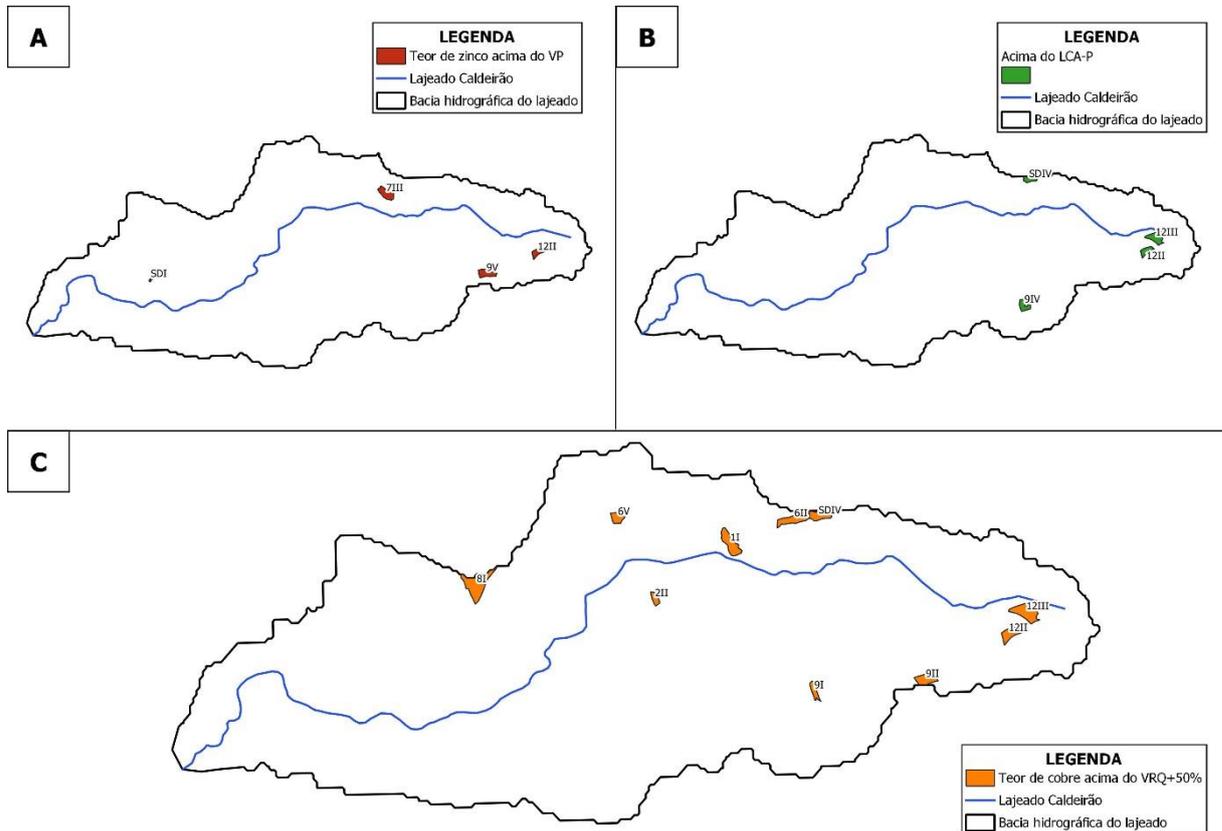
Fonte: Autor (2023).

6.2 POTENCIAL CONTAMINANTE DAS ÁREAS

Ao se tratar dos talhões que representam potenciais contaminantes para o solo e água, percebe-se na Figura 30 que 14 glebas diferentes (1I; 2II; 6II; 6V; 8I; 9I; 9II; 12II, 12III, SDIV, 7III, 9V, SDI, 9IV) estão distribuídas entre os níveis acima dos VRQs de cobre e zinco e acima do Limite Crítico Ambiental de fósforo. Destas, a gleba 12II apresentou a situação mais crítica, estando enquadrada nos níveis críticos dos três elementos químicos juntos. Esta gleba possui

alta carga de nutrientes e deve ser manejada de forma a remediar o solo para que não haja contaminação das fontes hídricas da bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão.

Figura 30 - Mapas dos talhões com teores mais críticos do estudo referente a zinco (A) e cobre (C) comparados ao atendimento dos VRQs e talhões que apresentaram teores de fósforo acima de seu Limite Crítico Ambiental (B).



Fonte: Autor (2023).

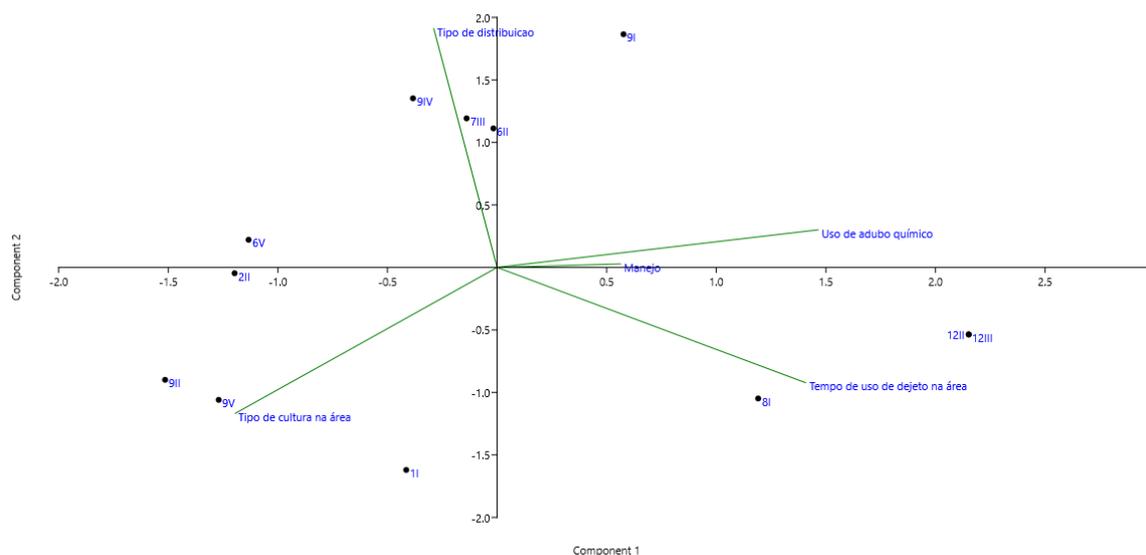
Ao analisar-se os critérios de avaliação das unidades suinícolas do estudo, verificou-se que a gleba 12II possui distribuição dos DLS por aplicação em área total, não utiliza adubação com fertilizante químico e recebe fertilizante orgânico há 12 anos. Tais condições de manejo representam um bom manejo dos dejetos porém, provavelmente, pelos anos seguidos de aplicações e as dosagens mais altas de nutrientes, a área apresentou um nível elevado destes no solo.

Em áreas como os talhões 2II, 9I, 9II, 9IV e 9V, deve-se também atentar quanto aos níveis de nutrientes incorporados ao solo, em função de possuírem uso de DLS de até 5 anos. Estas, já encontram-se com níveis elevados e são recentemente adubadas com dejetos, comparadas às outras do estudo. As glebas que usam fertilizantes minerais em complemento ao

uso de DLS também merecem atenção para que não aumente a concentração dos nutrientes que já encontram-se em excesso.

Na Figura 31 foi elaborado um gráfico de análise multivariada de componentes principais. A imagem apresenta a relação das áreas que apresentaram níveis críticos de cobre, zinco e fósforo e suas relações com os critérios de manejo das glebas avaliadas no estudo.

Figura 31 - Análise multivariada para os principais componentes dos critérios avaliados das áreas com maior potencial contaminante



Fonte: Autor (2023).

Percebe-se que os critérios que possuem maior relevância na caracterização das ADS são o tipo de distribuição de DLS e os tipos de culturas. No entanto, destaca-se a forte atração das glebas 12II e 12III que ultrapassaram o LCA-P e possuem forte relação aos anos de uso de DLS, mais que outras áreas. A distribuição de dejetos por aplicação localizada teve grande influência em 3 áreas (9IV, 7III, 6II) e os tipos de culturas representaram melhor 3 áreas (1I, 9II e 9V).

Outra análise realizada foi da correlação entre as glebas e os critérios de manejo das mesmas. Há forte correlação entre o uso de adubo químico e o manejo do solo, onde a maioria das áreas que não realizam a mobilização do solo (8 glebas), usam adubos químicos. Ainda, há uma correlação significativa entre o uso de adubo químico e o cultivo de pastagens onde 5 glebas apresentam tais características.

Em resumo, a maioria das ADS com os maiores potenciais contaminantes do estudo possuem em comum a não mobilização do solo, a adubação química por fertilizantes minerais, a distribuição de DLS em área total e menos de 10 anos recebendo dejetos.

Quanto as AAQ (SDI e SDIV) que corresponderam a 14% das glebas com níveis críticos (2), as mesmas tiveram tratamentos diferentes entre manejo do solo e tipos de culturas, mostrando-se não correlatas em relação a este.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a geração e aos critérios de uso de dejetos de suínos como fertilizante, constatou-se como informações mais recorrentes: cultivo de pastagens, manejo sem revolvimento do solo, uso suplementar de fertilizantes minerais e distribuição de DLS por área total. Todavia, a geração de fósforo provindo dos DLS nas unidades suinícolas, em geral, maiores é maior do que a capacidade de exportação pelos cultivos informados, havendo necessidade de novas alternativas no manejo dos dejetos e do solo para suprir esta demanda.

As áreas agricultáveis (ADS e AAQ) obtiveram, em sua grande maioria, aumento dos teores naturais quando comparados os teores médios das áreas de mata nativa (AMN). A maioria das áreas apresentaram teores de alta a muito alta disponibilidade. Os teores mais altos de fósforo se encontraram na camada mais superficial do solo (0-10 cm), demonstrando sua baixa mobilidade.

Com isso, deve-se atentar para as áreas com altos teores de nutrientes próximas do Lajeado Caldeirão devido a facilidade de contaminação do mesmo, seja via escoamento superficial, seja por lixiviação devido o lençol freático estar mais próximo da superfície.

Dos 55 talhões de ADS, 4 possuíam níveis de fósforo acima de 20% do Limite Crítico Ambiental de Fósforo (LCA-P) e dentre os 7 talhões de AAQ, 1 apresentou teor entre o LCA-P e 20% do LCA-P. Estes, por estarem acima dos limites ambientais, devem ser monitorados e manejados de forma a não causarem impactos relativos ao excesso de adubação fosfatada no solo.

Quanto aos teores médios de cobre e zinco, em Áreas de Mata Nativa (AMN), ambos elementos obtiveram alta disponibilidade, significativamente maiores do que é trazido pela CQFS (2014). Em áreas com uso de dejetos líquidos de suínos (ADS) estes teores corresponderam a mais de 60 vezes o teor alto de disponibilidade. Assim como para o fósforo disponível, as áreas com cultivo de pastagens foram as que apresentaram maiores níveis de cobre e zinco disponíveis no solo.

Relativo aos Valores de Referência de Qualidade de solos (VRQs), a maior parte das glebas com uso de dejetos líquidos de suínos (ADS) na bacia hidrográfica do Lajeado Caldeirão excederam os valores de referência para os teores pseudo-totais de cobre e zinco. Também, o maior percentual das ADS apresentaram teores mais altos que as Áreas de Mata Nativa (AMN) para ambos elementos químicos.

Diante disto, percebe-se a necessidade de maiores estudos, com abrangência mais detalhada dos VRQs para metais no solo, levando em conta as especificidades de cada região

dentro das divisões geomorfológicas propostas por FEPAM (2014). Esta ação, no caso da bacia hidrográfica em estudo, fará com que as áreas agricultáveis possam ter uma vida útil maior em relação à adubação.

Referente aos teores analisados (disponíveis e pseudo-totais), ambos não apresentaram relação significativa com os anos de aplicação de DLS, podendo ser mais representativos às doses de aplicação e/ou composição dos DLS. Desse modo, o monitoramento das áreas é fundamental para não ultrapassar os limites destes elementos e interferir negativamente no meio ambiente e na saúde humana.

Também orienta-se realizar estudos relativos a Limites Críticos Ambientais de Cobre e Zinco a fim de, junto com a flexibilização dos VRQs destes elementos, o solo possa ser manejado com critério para não vir a contaminar os mananciais de água da região. As áreas que apresentaram valores acima do LCA-P, devem ser essencialmente monitoradas e remediadas, evitando maior contaminação ao meio ambiente.

Por fim, como sugestão, orienta-se à Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Palmitinho, avaliar este estudo para nortear a gestão ambiental da suinocultura na Bacia Hidrográfica do Lajeado Caldeirão, visto que detalha de modo geral, a situação de grande parte das áreas agricultáveis e de mata nativa da área do estudo. Também, para melhor avaliação ambiental das áreas, sugere-se a realização de estudos da qualidade da água superficial e subterrânea da bacia, pois este estudo não avaliou o efeito do escoamento superficial pela aplicação de fertilizantes orgânicos e químicos, fatores que podem acarretar na contaminação das águas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA. **Relatório Anual**. 2021. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.
- ACSURS. **Abates no Rio Grande do Sul - Por município**. 2016. Disponível em: <http://www.acsurs.com.br/wp-content/uploads/2014/05/Abate-Su%C3%ADnos-2016-Acsurs.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- AMBROSINI, V. G. et al. Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. In: Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 260-266, Feb. 2016.
- BASSANI, D. L. **Um estudo de caso da aplicação da IN 11/FATMA 2014 em uma propriedade suinícola do Oeste Catarinense**. 2017. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2017.
- BASSO, C. J. et al. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 653-659, 2012.
- BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102p. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- BRAGA, G. N. M. **Fertilidade do solo e manejo do pasto para recuperar pastagens degradadas**. Na sala com Gismonti: Assuntos sobre Agronomia. 2013. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2013/05/fertilidade-do-solo-e-manejo-do-pasto.html#:~:text=Quando%20recuperar%20uma%20pastagem%20degradada,e%20aumento%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- BRUNETTO, G et al. Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio Oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p805-810>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- CARBONARI, L. T. S.; MORANDI FILHO, W. J. Variáveis morfológicas e produção de beterraba em cultivo orgânico utilizando composto suíno. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.6, p.34782-34790, 2020.
- CARVALHO, M. **Nutrição e Hemodiálise**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911-1923, 2012.
- CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.
- CHERUBIN, M. R. et al. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 196-210, 2011.

COMIN, J. J. et al. Physical properties and organic carbon content of a typical hapludult soil fertilized with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, n. 5, p. 459-470, abr. 2013.

CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

CONTI, L. de. **Teores no Solo e Espécies Químicas na Solução de P, Cu e Zn com adições sucessivas de dejetos líquidos de Suínos**. 2014. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

CORREA, J. C. et al. Aplicações de Dejetos de Suínos e as Propriedades do Solo. **Embrapa**, Circular Técnica 58, Concórdia, set. 2011.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000**. CPRM: Brasília, 2006.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

CRISPIM, S. M. A. et al. **Aplicação de dejetos suínos na produção de Tifton 85 em assentamento rural, São Gabriel do Oeste, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010.

CUNHA, N. G. et al. Estudos de Solos do Município de Palmitinho, RS. **Embrapa**, Circular Técnica, v. 105, p. 1-28, 2010.

DA FRÉ, M. **Análise da situação ambiental de solos utilizados para distribuição de dejetos suínos na região meio-oeste catarinense**. 2015. 87p. Monografia (Especialização em Economia e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DA ROS, C. O. et al. Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n.1, p. 35-44, jul. 2017.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos de suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

EMBRAPA Suínos e Aves. **Potencial agrônomo dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 2019.

EMBRAPA Suínos e Aves. **Estatísticas: Produção, consumo, exportação e importação**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/mundo>. Acesso em: 02 dez. 2022.

FAN, F. M. **Atividade prática orientada**: delimitação de bacias hidrográficas usando o QGIS. n. 06, p. 1–25, [s.d.].

FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Instrução Normativa 11**: versão outubro/2014. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>. Acesso em: 02 dez. 2022.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. **Fepam**, p. 1–10, 2014.

GATIBONI, L. C. et al. Proposta de Limites Críticos Ambientais de Fósforo para Solos de Santa Catarina. **UDESC/CAV**, Lages-SC, Boletim técnico nº 2, 2014, 38 p. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/?id=340>. Acesso em: 02 dez. 2022.

GIACOMINI, S. J. et al. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 211-219, 2013.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. 2007. 121 f. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Danish J. Geogr.**, n. 105, p. 15-22, 2005.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Danish J. Geogr.**, n. 105, p. 15-22, 2005.

GUARDINI, R. et al. Phosphorus accumulation and pollution potential in a Hapludult fertilized with pig manure. **R Bras Ci Solo**, v. 36, n. 1, p. 1333-1342, 2012.

GUIMARÃES, Diego et al. Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e apoio do BNDES. **Agroindústria – BNDES Setorial**, v. 45, p. 85-136, mar. 2017.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010.

HEATHWAITE, L. et al. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. **Journal Environmental Quality**. v.29, p. 10-15, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Organização do território**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 02 dez. 2022.

KLAASSEN, C. D. Princípios de toxicologia. In: GILMAN, A. G. et al. **Goodman e Gilman**: as bases farmacológicas da terapêutica. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985. p.1045-1052.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Cascavel, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

KORNEGAY, E. T. et al. Environmental nutrition: nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 13, p. 99-111, 1997.

LOCATELLI, J. L. et al. Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho? **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 628-637, 2019.

MATHIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MATSUOKA, M. et al. Impacto da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade de solos do Oeste Catarinense. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.540-562, jan/mar. 2019.

MENEZES, J. F. S. et al. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. 2007. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MMA. **Resultado do 8º Prêmio Melhores Práticas A3P**. 2020. Disponível em: <http://a3p.mma.gov.br/8o-premio-a3p-2020/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MORALES, D.; et al. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 260-266, Feb. 2016.

MOREIRA, I. C. L. et al. Adsorção de cobre, zinco e manganês em solos sob aplicação de dejetos suínos em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Recife, 2005. **Anais**. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999.

PANIAGUA, C. E. da S.; SANTOS, V. de O. Potencialidade do uso de dejetos suínos como biofertilizante, biogás e energia elétrica: da redução de custos na produção ao manejo ecologicamente mais sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 90227-90243, 2021.

OLIVEIRA, B. D. V. de. Uso da IN 11/FATMA 2014 em uma microbacia do oeste catarinense com intensa produção de dejetos suínos. 2021. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, 2021.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. Modélisation du volume et de la composition nutritive des porcelets en postsevrage au Brésil. **Journées Recherche Porcine en France**, v. 49, p. 251-256, 2017.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 58, n.4, p.807-812, 2001.

PALMITINHO. **Sobre**. Disponível em: <https://palmitinho.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/66>. Acesso em: 03 set. 2019. OU EM <https://palmitinho.atende.net/cidadao/pagina/meio-ambiente/>

PALHARES, J. C. P. Uso de dejetos animais como fertilizante: impactos ambientais e a experiência de Santa Catarina. **Produção Animal e Recursos Hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**, Brasília, p. 79-210, 2019.

PENHA, H. G. V. **Impacto ambiental de elementos-traço em solos adubados com fertilizantes fosfatados e lodo de esgoto em longo prazo**. 99f. 2015. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2015.

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006

PESSOTO, P. P. et al. Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob uso de dejetos de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 17, n.3, p. 408-416, 2018.

SCHERER, E. E. et al. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p 1375-1383, 2010.

SCHERER, E. E. et al. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996.

SCHERER, E. E. et al. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. **Agropec. Catarinense**, n. 20, p.67-71, 2007.

SCHMIDT FILHO, E. et al. Efeito da aplicação de quatro formas de dejetos de suínos em superfície do solo sobre a disponibilidade de fósforo. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 4, p. 108-120, 2019.

SERPA FILHO, R, et al. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013.

SHINOZAKI, K. et al. (Eds.). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. p. 1051-1100.

SILVA, C. A. da et al. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Pesquisa e agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.10, p.1780-1788, out. 2016.

SILVA, D. M. **Biota do solo em pastagem sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos**. 2015. 64 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2015.

SILVA, Fabio Cesar da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al., (Eds) Fertilidade do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG. n. 1, p. 275-374, 2007.

SILVA, M. R. et al. Fertilization of Tifton 85 with Swine Liquid Manure. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 7, p. 918-926, jul. 2019.

SMANHOTTO, A. **Aplicação de água residuária tratada de suinocultura em solo cultivado com soja**. 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, dez. 2018.

TAVANTI, R. F. R. et al. Crop productivity and soil quality after fertilization with liquid swine manure. **Acta Agronômica**, Colômbia, v. 67, n. 2, p. 303-310, 2018.

TEODORO, A. O. A. **Atributos químicos dos solos influenciados pelo uso contínuo de dejetos de suínos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde, UniRV – Campus Rio Verde, 2015.

VENDRAMINI, J. M. B. et al. Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage. **The Professional Animal Scientist**, v. 2, n. 1, p. 193-200, 2010.

WEBER, E. et al. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2004.

APÊNDICE

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO REFERENTE ÀS ÁREAS DO ESTUDO

ÁREA	GLEBA	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS
1	I	Área de 1,73 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 10 anos e solo com 30% de teor de argila
1	II	Área de 4,34 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 10 anos e solo com 24% de teor de argila
1	III	Área de 5,71 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 10 anos e solo com 24% de teor de argila
2	I	Área de 2,43 ha, com cultivo de pastagens, com mobilização do solo, distribuição por área total há 16 anos e solo com 26% de teor de argila
2	II	Área de 0,47 ha, com cultivo de pastagens e grãos, com mobilização do solo, distribuição por área total há 2 anos e solo com 31% de teor de argila
2	III	Área de 2,94 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 16 anos e solo com 25% de teor de argila
2	IV	Área de 1,27 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 10 anos e solo com 24% de teor de argila
2	V	Área de 1,55 ha, com cultivo de pastagens, com mobilização do solo, distribuição por área total há 16 anos e solo com 24% de teor de argila
3	I	Área de 1,46 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 23 anos e solo com 30% de teor de argila
3	II	Área de 0,71 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 23 anos e solo com 38% de teor de argila
3	III	Área de 0,37 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 23 anos e solo com 36% de teor de argila
3	IV	Área de 2,28 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 23 anos e solo com 31% de teor de argila
3	V	Área de 0,15 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 23 anos e solo com 47% de teor de argila
4	I	Área de 2,21 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 8 anos e solo com 24% de teor de argila
4	II	Área de 4,31 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 8 anos e solo com 36% de teor de argila
4	III	Área de 2,21 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 8 anos e solo com 29% de teor de argila
5	I	Área de 2,34 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 14 anos e solo com 44% de teor de argila
5	II	Área de 4,67 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 3 anos e solo com 50% de teor de argila
6	I	Área de 0,77 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 15 anos e solo com 42% de teor de argila
6	II	Área de 1,61 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 7 anos e solo com 21% de teor de argila
6	III	Área de 1,39 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 8 anos e solo com 44% de teor de argila
6	V	Área de 0,86 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 6 anos e solo com 20% de teor de argila
7	I	Área de 0,69 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 19 anos e solo com 29% de teor de argila
7	II	Área de 0,92 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 19 anos e solo com 41% de teor de argila
7	III	Área de 2,21 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 6 anos e solo com 27% de teor de argila
7	IV	Área de 1,45 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 6 anos e solo com 21% de teor de argila
8	I	Área de 3,05 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 15 anos e solo com 24% de teor de argila

8	II	Área de 0,78 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 8 anos e solo com 18% de teor de argila
9	I	Área de 0,59 ha, com cultivo de pastagens, com mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 1 ano e solo com 30% de teor de argila
9	II	Área de 1,17 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 1 ano e solo com 36% de teor de argila
9	IV	Área de 1,77 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 4 anos e solo com 30% de teor de argila
9	V	Área de 2,01 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 3 anos e solo com 38% de teor de argila
10	I	Área de 1,37 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 22 anos e solo com 18% de teor de argila
11	I	Área de 1,81 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 24 anos e solo com 29% de teor de argila
11	II	Área de 2,47 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 35% de teor de argila
11	III	Área de 2,47 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 32% de teor de argila
11	IV	Área de 0,85 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 41% de teor de argila
11	V	Área de 2,3 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 41% de teor de argila
12	I	Área de 1,5 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 12 anos e solo com 15% de teor de argila
12	II	Área de 1,27 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 12 anos e solo com 17% de teor de argila
12	III	Área de 2,25 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 12 anos e solo com 20% de teor de argila
12	IV	Área de 0,35 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por aplicação localizada há 7 anos e solo com 16% de teor de argila
13	I	Área de 1,36 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 27 anos e solo com 44% de teor de argila
13	II	Área de 1,79 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 27 anos e solo com 30% de teor de argila
13	III	Área de 1,03 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 27 anos e solo com 37% de teor de argila
13	IV	Área de 2,01 ha, com cultivo de grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 10 anos e solo com 24% de teor de argila
14	I	Área de 0,82 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 15 anos e solo com 31% de teor de argila
14	II	Área de 1,02 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 15 anos e solo com 38% de teor de argila
14	III	Área de 1,41 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 2 anos e solo com 29% de teor de argila
14	IV	Área de 0,95 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 4 anos e solo com 30% de teor de argila
14	VI	Área de 0,66 ha, com cultivo de pastagens e grãos, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 1 ano e solo com 30% de teor de argila
15	II	Área de 0,53 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 26% de teor de argila
15	III	Área de 2,08 ha, com cultivo de pastagens, com mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 23% de teor de argila
15	IV	Área de 0,51 ha, com cultivo de pastagens, com mobilização do solo, distribuição por área total há 7 anos e solo com 26% de teor de argila
15	V	Área de 2,85 ha, com cultivo de pastagens, sem mobilização do solo, distribuição por área total há 20 anos e solo com 35% de teor de argila

ÁREA	GLEBA	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS
-	M1	Área de mata nativa sem interferência de adubação antrópica
-	M2	Área de mata nativa sem interferência de adubação antrópica
-	M3	Área de mata nativa sem interferência de adubação antrópica
-	M4	Área de mata nativa sem interferência de adubação antrópica
-	M5	Área de mata nativa sem interferência de adubação antrópica
ÁREA	GLEBA	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS
-	SDI	Cultivo de grão, com mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDII	Cultivo de grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDIII	Cultivo de grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDIV	Cultivo de pastagem e grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDV	Cultivo de grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDVI	Cultivo de grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos
-	SDVII	Cultivo de pastagem e grão, sem mobilização do solo, sem distribuição de dejetos

APÊNDICE B – INFORMAÇÕES SOBRE OS EMPREENDIMENTOS SUINÍCOLAS

ÁREA	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO SUINÍCOLA
1	Empreendimento com 320 animais no sistema de produção de Unidade Produtora de Leitões
2	Empreendimento com 500 animais no sistema de produção de Terminação
3	Empreendimento com 100 animais no sistema de produção de Unidade Produtora de Leitões
4	Empreendimento com 800 animais no sistema de produção de Terminação
5	Empreendimento com 650 animais no sistema de produção de Terminação
6	Empreendimento com 1000 animais no sistema de produção de Terminação
7	Empreendimento com 500 animais no sistema de produção de Terminação
8	Empreendimento com 620 animais no sistema de produção de Terminação
9	Empreendimento com 600 animais no sistema de produção de Terminação
10	Empreendimento com 95 animais no sistema de produção de Unidade Produtora de Leitões
11	Empreendimento com 820 animais no sistema de produção de Terminação
12	Empreendimento com 1000 animais no sistema de produção de Terminação
13	Empreendimento com 2700 animais no sistema de produção de Crechário
14	Empreendimento com 830 animais no sistema de produção de Terminação
15	Empreendimento com 1320 animais no sistema de produção de Terminação

NUP: 23081.057810/2023-85

Prioridade: Normal

Ato de entrega de dissertação/tese

134.334 - Dissertação e tese

COMPONENTE

Ordem	Descrição	Nome do arquivo
3	Dissertação de mestrado (134.334)	Dissertação_Jean_Candaten.pdf

Assinaturas

22/04/2023 15:40:30

JEAN CARLOS CANDATEN (Aluno de Pós-Graduação)

33.10.02.01.0.0 - PG em Ciência e Tecnologia Ambiental - Mestrado - CAMPUS UFSM-FW - 42002010164M1

22/04/2023 23:05:55

CLOVIS ORLANDO DA ROS (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)

33.21.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS - UFSM-FW - DCAA-UFSM-FW

1960



Código Verificador: 2663301

Código CRC: 948bed52

Consulte em: <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/autenticacao/assinaturas.html>

